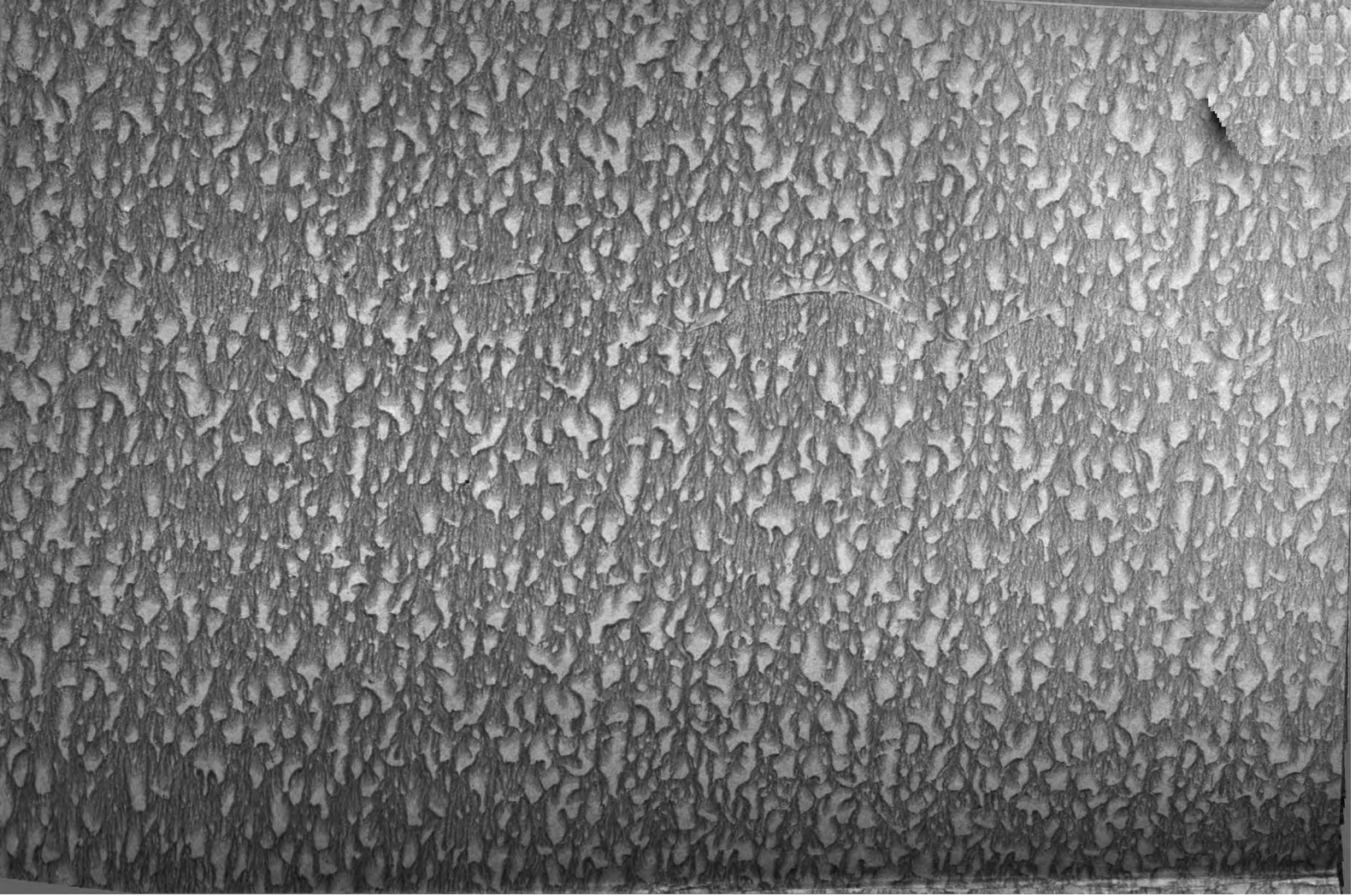
GIFT OF
J.C.CEBRIAN

M. S. LIBRARY



TRATADO TEÓRICO-PRÁCTICO

DE

RADIOGRAFÍA Y RADIOSCOPIA CLÍNICAS

TRATADO TEÓRICO-PRÁCTICO

DE

RADIOGRAFÍA Y RADIOSCOPIA

CLÍNICAS

COMPENDIO

DEL CURSO DE RADIOLOGÍA

DADO EN EL

INSTITUTO DE HIGIENE DE SANIDAD MILITAR

POR EL DOCTOR

D. JAIME MITJAVILA Y RIBAS

MÉDICO MAYOR DE SANIDAD MILITAR

Con 102 grabados intercalados en el texto.

SEGUNDA EDICIÓN

MADRID

LIBRERIA DE FERNANDO FE

2—*Carrera de San Jerónimo*—2

1902

Es propiedad del autor.

J. C. Cebrian.

UNIV. DE
CALIFORNIA

Est. tip. de la Viuda é hijos de Tello, C de San Francisco, 4.

RC78
M68
1902

PRÓLOGO

Al terminar el curso de Radiografía y Radioscopia que por orden de la Sección de Sanidad del Ministerio de la Guerra dí en el Instituto de Higiene Militar, los compañeros que me honraron con su asistencia comprometiéronme á publicar un compendio de aquellas conferencias, indudablemente, no porque en ellas hallaran méritos, y sí para llenar un vacío que se deja sentir en la literatura médica española.

A cumplir este compromiso tiende la publicación de este TRATADO, que quizás defraude las esperanzas de los que por este camino me impelieron.

El rápido desarrollo de esta naciente rama de la Ciencia hace que los trabajos, con tanto ardor emprendidos, estén diseminados, justificando la necesidad de reunir y compendiar en breves páginas la teoría, la técnica operatoria y los resultados clínicos obtenidos, á pesar de lo arduo y difícil que resulta por tratarse de una ciencia nueva en que muchos problemas no están más que presentados, los procedimientos esbozados y algunos de sus resultados muy discutidos.

Aun cuando el presente estudio va dirigido á una

33223

457467

clase tan ilustrada como la médica, sin tratar de menoscabar en nada su cultura, he creído conveniente entrar de lleno en el campo de la Electrología, porque á ello obligan las incesantes conquistas de esta parte de la Física; pero aunque detallo todos los puntos de esta ciencia que al radiólogo pueden interesar, huyo en lo posible de teorizar, procurando concretar los procedimientos prácticos que son de interés.

Si bien en los párrafos consagrados á la técnica describo un gran número de aparatos y procedimientos distintos, doy como aceptables sólo aquéllos que una repetida práctica ha sancionado como buenos; sin que olvide las manipulaciones fotográficas, verdadero caballo de batalla de la Radiografía en muchas ocasiones.

Las aplicaciones de la Radioscopia y Radiografía á la clínica son objeto preferente de este trabajo, ya que su acción ha ido cada día extendiéndose más, hasta constituir hoy un indispensable procedimiento de exploración, tanto en Medicina como en Cirugía, y muy especialmente en Cirugía de guerra.

Breves son las líneas que á la Radioterapia consagro, por estar muy en litigio sus beneficios.

Sacrificándolo todo á la claridad, he procurado ilustrar este TRATADO con profusión de grabados, cuyo examen juzgo siempre preferible á la mejor y más acabada descripción.

No debo pasar en silencio mi gratitud á los conocidos fabricantes de aparatos radiográficos, Sres. Bonetti, Ducretet, Gaiffe y Radiguet, que han puesto á mi dis-

posición cuantos medios he necesitado para ayudarme á extender y vulgarizar conocimientos que de todo corazón deseo puedan ser de alguna utilidad á la clase médica y al Cuerpo de Sanidad Militar, á quienes dedico este trabajo.

JAIME MITJAVILA.

UNIV. OF CALIFORNIA

RADIOGRAFÍA Y RADIOSCOPIA

ELECTROLOGÍA

CAPITULO PRIMERO

NOCIONES FUNDAMENTALES

I. Fenómenos eléctricos é hipótesis sobre su naturaleza.—Los fenómenos eléctricos conocidos, desde seiscientos años antes de la Era Cristiana, por la propiedad que tiene el ámbar amarillo, cuando se frota, de atraer los cuerpos ligeros, no lo son en su naturaleza á pesar de los progresos indudables de la Física moderna. No es de extrañar, por tanto, el que su interpretación haya dado origen á hipótesis diversas.

La de *Symmer* considera á todos los cuerpos dotados de cantidades iguales de fluido *vítreo* y de fluido *resinoso*, que se neutralizan para formar el *fluido neutro*. Al frotar dos cuerpos, el fluido neutro se descompone: el vítreo pasa á uno de ellos, y el fluido resinoso al otro.

Franklin supuso la existencia de un solo fluido eléctrico, del cual tienen todos los cuerpos una cantidad determinada en estado latente; el frote hace pasar sobre uno de ellos cierta cantidad del fluido que posee al otro, encontrándose como resultado final uno electrizado con más y el otro con menos electricidad que en estado normal: el primero se dice que está electrizado

positivamente, y se representa con el signo +, y el segundo negativamente, representándose con el signo —.

Aun cuando la electricidad no puede definirse más que por sus efectos, y, por lo tanto, por los fenómenos luminosos, mecánicos, caloríficos, etc., que produce, ha entrado de lleno dentro del campo de la Física moderna, merced al principio de la *conservación de la energía y correlación de las fuerzas*, que desechando la idea de los fluidos, tantos como distintos son los fenómenos que en la naturaleza se observan, sólo admite formas distintas de la energía mecánicas, caloríficas, luminosas, eléctricas, etc., considerándolas como modificaciones del movimiento del éter.

Bardet, que explica con gran claridad los fenómenos eléctricos, basando su explicación en esta teoría, después de dejar sentado que el éter penetra en los *espacios moleculares*, donde probablemente se halla sostenido alrededor de los átomos y moléculas por una fuerza de atracción análoga á la gravitación, dice:

«*En el estado de reposo ó de equilibrio eléctrico, todo cuerpo está impregnado de una cantidad de éter constante, cuyo valor depende de la atracción que acabamos de indicar que es siempre constante para un mismo cuerpo.*

»Si por un fenómeno físico cualquiera, frotamiento, acción química, etc., se trastorna este equilibrio, la fuerza que mantiene en contacto las moléculas etéreas y las materiales se encontrará también trastornada y el cuerpo habrá ganado ó perdido cierta cantidad de éter. Desde entonces está electrizado, es capaz de manifestar propiedades físicas particulares.

»Un cuerpo estará electrizado cuando, por consecuencia de una acción cualquiera, posea cierta cantidad de éter superior ó inferior á la cantidad que debe normalmente contener.

»Cuando la cantidad es superior á la normal, su valor es positivo (+), y el cuerpo en experiencia se dice que está *electrizado positivamente*. Si, por el contrario, la cantidad es inferior á la normal, su valor es negativo (—), y se dice que está *electrizado negativamente*.

»Demos un ejemplo para simplificar esta explicación: sean dos cuerpos que en estado de equilibrio posean cada uno una

cantidad de éter igual á 10. Si se frotan y por este movimiento rompemos el equilibrio eléctrico, al separarlos, uno está cargado de una cantidad $10 + 2 = 12$, á expensas del segundo, que naturalmente posee en este momento $10 - 2 = 8$. Este ejemplo nos enseña además otra cosa: nos permite evaluar la cantidad de electricidad puesta en libertad. Esta cantidad no es otra, en efecto, que el valor del signo representando la diferencia entre la cantidad de éter normal y la cantidad actual. Estos valores serán respectivamente $+ 2$ y $- 2$ para cada uno de los cuerpos en experiencia.»

Este modo de explicar todos los fenómenos naturales, ha obtenido plena comprobación respecto á los eléctricos, en 1889, por Hertz, que con los brillantes experimentos hechos por medio de su *resonador* ha demostrado que los rayos eléctricos pueden ser reflejados, refractados, difundidos, polarizados é interferidos, como los rayos caloríficos y luminosos; teoría que posteriormente ha conseguido mayor sanción con las célebres experiencias de Branly, que han inspirado á Marconi el descubrimiento del telégrafo sin hilos.

Aun cuando la teoría *unitaria* ó de la *correlación de las fuerzas* nos permite explicar todas las manifestaciones de la electricidad, para no romper con el lenguaje tradicional conservaremos los nombres de electricidad positiva y negativa, sin que por eso admitamos la idea de dos fluidos de naturaleza especial; y si aceptamos las palabras es sólo por transigir con el lenguaje corriente.

II. CUERPOS BUENOS Y MALOS CONDUCTORES. —Todo cuerpo que se frota adquiere un estado particular que le hace capaz de atraer los cuerpos ligeros: en este caso se dice que está *electrizado*, y la causa productora del fenómeno se denomina *electricidad*.

Ciertos cuerpos, como el vidrio, las resinas, etc., se electrizan aun teniéndolos en las manos; otros, como los metales, aun cuando sean frotados no se electrizan, á no ser que estén aislados por uno de los cuerpos anteriores. A los primeros se les llama *malos conductores*, y á estos últimos *buenos conductores*, no presen-

tándose los fenómenos de atracción y repulsión en éstos si no están aislados por un cuerpo mal conductor, pues conforme se produce la electricidad, pasa á través del cuerpo y se pierde en la tierra. Los cuerpos electrizados pueden por simple contacto dejar pasar la electricidad á otro que no lo esté (*).

La idea de buenos y malos conductores ó aisladores no es absoluta: no existen substancias absolutamente buenas conductoras, ni absolutamente aisladoras ó malas conductoras. A estos últimos cuerpos se les denomina también *dieléctricos*.

III. EXPERIENCIA DE COULOMB.—Todas las teorías modernas de la electricidad se fundan en las experiencias hechas por Coulomb, por medio de la balanza de torsión. Sabido es que Coulomb midió la fuerza eléctrica por medio del valor de torsión del hilo de su aparato, habiendo demostrado que las acciones atractivas y repulsivas de los cuerpos electrizados están en razón inversa del cuadrado de la distancia y en razón directa de las cantidades de electricidad que posee cada uno de los puestos en presencia. De modo que representando por f la intensidad, por $c\ c'$ la cantidad de electricidad que poseen los cuerpos, y por r la distancia que los separa, la ley de Coulomb puede expresarse por medio de esta fórmula (**):

$$f = \frac{c\ c'}{r^2}.$$

(*) En los cuerpos buenos conductores la electricidad se propaga con gran facilidad, y en los malos conductores se propaga con dificultad: por esta causa, cuando se frota un cuerpo aislador se electriza y queda en él retenida la electricidad, porque sus mismas moléculas sirven de barrera que evita el que pase á través del cuerpo y se pierda en la tierra.

Cuerpos buenos conductores son: los metales, el carbón, las disoluciones salinas, el agua, etc.; malos conductores ó aisladores, el azufre, goma laca, cautchouc, seda, vidrio, aire, etc. Es de advertir que la temperatura y la humedad hacen variar la conductibilidad de los cuerpos: así el vidrio húmedo se convierte de aislador en buen conductor.

(**) También pueden demostrarse las leyes de Coulomb por medio de la balanza de Harris, que en último caso puede ser una ba-

IV. ELECTRIZACIÓN POR INFLUENCIA.—Todo conductor próximo á un cuerpo electrizado se electriza á su vez, y en este caso se dice que está electrizado por *influencia*.

Dos casos pueden presentarse cuando un conductor se electriza por influencia: 1.°, si está en comunicación con el suelo, se carga de electricidad de signo contrario al del cuerpo que le electriza; 2.°, si está aislado, se carga á la vez de dos electricidades: de electricidad contraria en la parte más próxima al cuerpo electrizante, de electricidad del mismo signo en la parte más alejada. Si se hace desaparecer el cuerpo electrizante, cesan los fenómenos de influencia.

Todo cuerpo electrizado colocado en un medio no conductor, como lo es, por ejemplo, el aire, determina en el espacio que le rodea superficies electrizadas, en que cada una de ellas lo está con igual potencial en toda su extensión, el espacio así determinado se llama campo eléctrico; las superficies eléctricas se denominan superficies equipotenciales ó de nivel, y líneas de fuerza á las líneas trazadas en el campo, de tal manera que todos sus puntos sean tangentes á la dirección de la fuerza.

V. CORRIENTE ELÉCTRICA Y POTENCIAL.—Si reunimos dos cuerpos electrizados por medio de un conductor, puede ocurrir que los cuerpos estén igualmente electrizados, y entonces se dice que están á igual potencial y nada sucede entre ellos, ó que entre ambos exista un desnivel eléctrico, en cuyo caso el conductor que los une es objeto de un flujo ó *corriente eléctrica;* en este caso se dice que entre ambos hay una *diferencia* de *potencial* (*). Ocurre con los cuerpos electrizados lo mismo que con

lanza ordinaria, que en uno de los platillos se suspende una esfera metálica electrizada, cuyo peso se equilibra poniendo pesas en el otro platillo, cuando se la somete á repulsiones ó atracciones.

(*) El potencial es una función matemática cuya interpretación deriva del cálculo infinitesimal. El electrómetro permite medir el exceso de potencial eléctrico sobre el potencial de la tierra, que se considera á cero de un modo tan relativo como la temperatura que

dos depósitos de agua iguales que estén colocados á igual nivel y tengan la misma cantidad de agua: aun cuando se unan por medio de un tubo no hay corriente; pero si colocamos estos mismos depósitos de agua á alturas diferentes, desde luego se establecerá una corriente del que está más alto al que está á nivel inferior ó más bajo.

Siempre que se produce una corriente eléctrica, es porque existe una diferencia de potencial.

Esta diferencia de potencial, causa siempre del movimiento eléctrico, se denomina también *fuerza eléctrico-motriz.*

VI. UNIDADES DE MEDIDAS ELÉCTRICAS.—Antes del Congreso de electricidad de 1881, las unidades de medidas eléctricas eran arbitrarias, teóricas, y cada nación y á veces cada autor, tenía las suyas; pero entonces se convino en la necesidad de unificarlas, y se aceptó como sistema absoluto el denominado C. G. S. (centímetro, gramo, segundo).

De él derivan las unidades prácticas, que son:

La de fuerza electro-motriz = Voltio.

La de resistencia = Ohmio.

La de intensidad = Culombio.

La de capacidad = Faradio.

La de trabajo = Julio.

La de potencia mecánica = Vatio.

Fuerza electro-motriz = Voltio.—Siendo la fuerza *electro-motriz* ó *diferencia de potencial eléctrico* causa de toda corriente eléctrica,

nos da un termómetro, que es una cantidad positiva ó negativa á partir del cero, que arbitrariamente se ha convenido que sea la temperatura del hielo en fusión; y de igual manera que si en dos puntos de un cuerpo ó entre dos cuerpos en comunicación existe diferencia de temperatura, hay, si se nos permite la frase, un flujo de calórico del punto de mayor temperatura al de menor, cuando dos potenciales eléctricos distintos se ponen en comunicación por medio de un cuerpo conductor, tienden al equilibro, produciendo una corriente eléctrica que marcha del potencial más elevado al cuerpo de menor potencial.

se comprende que en el valor absoluto del potencial, en los diversos puntos de un circuito, no interviene como factor la naturaleza de la corriente que por él se propaga: lo que influye es la diferencia del potencial entre estos puntos. Para apreciar esta diferencia se ha buscado una unidad que sea capaz de medirla y á la que se denomina *Voltio*, equivalente á la fuerza electromotriz de una pila de Daniell.

Resistencia = Ohmio.—La corriente que atraviesa un conductor lo hace con más ó menos facilidad, según la naturaleza de éste. La facilidad mayor ó menor con que cada cuerpo se deja atravesar por la corriente eléctrica, constituye su resistencia específica.

La experiencia demuestra que la resistencia que los conductores ofrecen al paso de la corriente, es tanto mayor cuanto mayor es la longitud de los mismos y cuanto más pequeño es su diámetro; por lo tanto, representando por c la conductibilidad específica, por l la longitud del conductor y por s su sección, podemos representar por medio de esta ecuación la ley de la resistencia de los cuerpos:

$$r = \frac{l}{c\,s}.$$

A la unidad de resistencia se la ha denominado *Ohmio*, y prácticamente puede decirse que es la que ofrece un hilo de cobre recocido de 50 metros de longitud y un milímetro de diámetro, ó lo que es lo mismo, la que opone una columna de mercurio de longitud de 106 centímetros y un milímetro cuadrado, á la temperatura de cero grados.

Intensidad de la corriente.—Ley de Ohm.—Amperio.—Sabiendo que la fuerza electro-motriz es la productora de las corrientes eléctricas, y conociendo la resistencia que ofrece un conductor al paso de las mismas, es preciso que nos demos cuenta de la cantidad de electricidad que lo atraviesa ó recorre en un segundo. A esta se denomina intensidad de la corriente.

Ohm en 1825 estableció las leyes de las corrientes eléctricas, asimilando la propagación de la electricidad en los cuerpos con-

ductores á la del calor, dando la teoría conocida por su nombre, que más tarde fué confirmada por Kirchhoff.

La ley de Ohm se expresa con la siguiente ecuación:

$$i = \frac{e}{r},$$

en que i representa la intensidad de la corriente eléctrica, e la fuerza electro-motriz que la produce, y r la resistencia del conductor por que circula. Su expresión demuestra que la intensidad de una corriente es directamente proporcional á la fuerza electro-motriz, é inversamente proporcional á la resistencia: así es que cuando e aumente se aumenta i, y cuando r aumenta permaneciendo e igual, i disminuye.

Así como hemos visto que para hallar la unidad de resistencia y la de fuerza electro-motriz ha sido necesario acudir á unidades hasta cierto punto arbitrarias, la unidad de intensidad podemos deducirla de la fórmula algebráica de la ley de Ohm.

La unidad de intensidad se denomina *Amperio*.

Si en la fórmula $i = \frac{e}{r}$ hacemos sus valores iguales á la unidad, obtendremos como cociente de la división otra unidad, y, por lo tanto, podemos decir que el amperio es la intensidad de una corriente igual á un voltio que circule por un conductor de resistencia igual á un ohmio, pudiéndolo expresar como sigue:

$$i = \frac{1 \text{ voltio}}{1 \text{ ohmio}} = 1 \text{ amperio}.$$

Cantidad de electricidad.—Si á la noción de la intensidad añadimos la del tiempo durante el cual pasa la corriente, tendremos la de cantidad de electricidad y podemos expresarla algebráicamente de este modo:

$$c = i \times t,$$

llamando al tiempo t, y c á la cantidad.

La cantidad de electricidad se obtiene multiplicando la intensidad por el tiempo. Como la unidad de tiempo es el segundo,

podemos definir el *Culombio* ó unidad de cantidad, diciendo: que es la cantidad de electricidad que corresponde al paso de un amperio durante un segundo.

La unidad industrial de cantidad eléctrica es el AMPERIO-HORA, que es igual á la intensidad de un amperio que circula por un conductor durante una hora.

Trabajo eléctrico.—Está representado por el producto de la cantidad de electricidad por la diferencia de potencial. Si á la unidad de trabajo eléctrico, denominada *Julio*, la expresamos por j, la podremos representar por la igualdad siguiente:

$$j = e \times q.$$

Potencia de una corriente.—Es la cantidad de trabajo que puede efectuar en un segundo; su unidad, que se denomina *Vatio*, puede representarse, llamándola v, por la siguiente expresión:

$$v = \frac{e \times q}{t} = e \times i,$$

lo que equivale á decir que es igual al producto de un voltio por un amperio.

VII. FORMA DE LAS CORRIENTES ELÉCTRICAS.—Conocidas las unidades de la fuerza eléctrica, es preciso que definamos las diversas formas de corriente.

Si representamos las diversas intensidades de la corriente por medio de ordenadas, y de abscisas los tiempos, podemos definir la forma de la corriente eléctrica de un modo gráfico, como lo hace Bergonié.

Corriente constante.—Es aquélla en que la intensidad permanece siempre igual, cualquiera que sea el tiempo en que se aprecie. Esta corriente se denomina también continua. La curva que representa la forma de esta corriente es una recta AB paralela al eje del tiempo (fig. 1).

La recta paralela al eje del tiempo no se establece de repen-

te, lo hace de un modo relativamente lento al empezar, representándose en este caso la gráfica por medio de la línea *A*, *B*, *C*, *D* de la figura 1; *CA* es el período variable ó estado variable; *AB* el período permanente ó constante: del mismo modo al

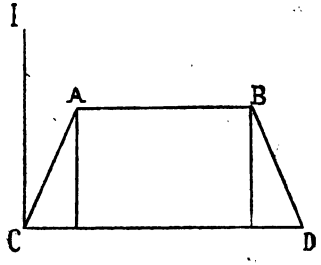


Fig. 1.—Corriente constante.—Estado permanente.—Estados variables.

cesar la corriente decrece de una manera lenta, como lo hizo al comenzar, pudiéndose representar este segundo estado variable por la oblicua *BD* de la figura 1. De suerte que las corrientes constantes en absoluto no existen: tienen que pasar por los estados variables que se llaman de *cierre* de la corriente y de *cese* ó *rotura* de la misma.

Corriente oscilatoria.—La intensidad varía constantemente sin llegar á adquirir el estado permanente. Una corriente oscilatoria

Fig. 2.—Corriente oscilatoria.

puede ser periódica, cuando sus intensidades van variando de un modo siempre uniforme, llegando á alturas ó intensidades iguales en períodos de tiempos iguales (fig. 2).

Cuando los períodos de tiempo se suceden con una rapidez que

alcanza de 150.000 á un millón de períodos por segundo, las corrientes se denominan *corrientes de alta frecuencia.*

Corriente alternativa.—Es una corriente que consta de dos semi-períodos iguales, pero de dirección contraria (fig. 3).

Fig. 3.—Corriente alternativa.

Corrientes instantáneas.—Se denominan así las corrientes que poseyendo una gran fuerza electro-motriz, es decir, un potencial muy elevado, pasan repentinamente á un potencial muy inferior (fig. 4).

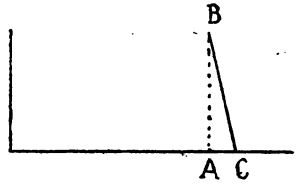


Fig. 4.—Corriente instantánea.

Estas corrientes las producen los aparatos denominados de electricidad estática, y son corrientes que tienen una gran tensión y muy poca cantidad de electricidad, puesto que la intensidad está representada en la gráfica adjunta de *A B*, y la cantidad por el área comprendida en el triángulo *ABC*.

VIII. MAGNETISMO.—Para formar concepto de los fenómenos y aparatos electro-magnéticos, de que nos hemos de ocupar más adelante, es preciso dar una noción, aun cuando sea muy ligera, de lo que se debe entender por magnetismo.

El magnetismo, como la electricidad, no se conoce en su na-

turaleza, lo conocemos solamente por los fenómenos con que se manifiesta.

Se denominan imanes las substancias que tienen la propiedad de atraer el hierro y algunos otros metales, como el cobalto y el níquel.

Los imanes se dividen en naturales y artificiales.

El imán natural es el óxido de hierro, que los químicos conocen con el nombre de óxido magnético.

Los imanes artificiales son barras ó agujas de acero que adquieren la propiedad de los imanes naturales por medio de fricciones con éstos ó por procedimientos eléctricos.

Todo imán posee dos *polos* y una *línea neutra*. Los polos, que se denominan *austral* y *boreal*, se hallan colocados á los extremos de los imanes, y son los puntos en donde se verifican los fenómenos de atracción; en la parte media de la barra ó aguja imanada se presenta la *línea* llamada *neutra*, por carecer de la propiedad de atracción. La atracción va aumentando de la línea neutra á los extremos ó polos.

Los imanes presentan, como los cuerpos electrizados, fenómenos de atracción y repulsión mutua: los polos de nombre contrario se atraen, y los polos del mismo nombre se repelen.

Los imanes transmiten sus propiedades á los cuerpos magnéticos con quienes se pone en contacto, convirtiéndoles en verdaderos imanes, verificándose, por lo tanto, la imanación por influencia.

Esto se demuestra experimentalmente atrayendo con un imán barritas de hierro ó acero: la primera que se pone en contacto, se convierte en un segundo imán que atrae á una nueva barrita; ésta, á su vez, se convierte en otro imán que atrae á una tercera, y así hasta un número bastante considerable de ellas; esta imanación es un fenómeno de influencia, puesto que basta separar del imán con que se experimenta, el primer trocito de hierro ó acero con quien está en contacto, para que todas las demás pierdan la imanación de que se hallaban poseídas anteriormente.

Aun cuando hemos dicho que el hierro, cobalto y níquel son los metales atraídos por los imanes, la experiencia ha demos-

tradò que todos los cuerpos pueden ser influídos por ellos en grado más ó menos acentuado. Esta acción se manifiesta por atracciones y repulsiones.

Los cuerpos que son atraídos, se llaman *magnéticos* ó *paramagnéticos*, y los que son repelidos se llaman *diamagnéticos*.

La propiedad que tiene un imán móvil de orientarse de Norte á Sur, ha hecho que se considere á la tierra como un inmenso imán con dos polos, uno en el hemisferio boreal y otro en el austral, á los cuales se denominan polo austral y polo boreal del imán terrestre: por lo tanto, los imanes móviles se orientan de un modo paralelo al imán terrestre, mirándose los polos de nombre contrario, correspondiendo, por lo tanto, al polo boreal del imán terrestre, el polo austral del imán móvil, y recíprocamente.

Los imanes ejercen su acción en una porción del espacio que les rodea, al cual se denomina campo magnético, existiendo superficies equipotenciales ó de nivel magnético, como hemos dicho de la electricidad, con sus correspondientes líneas de fuerza.

Coulomb ha estudiado las atracciones y repulsiones que se ejercen entre los polos de los imanes, deduciendo que las atracciones y repulsiones magnéticas son proporcionales á la cantidad de magnetismo que tienen los polos, y varían en razón inversa del cuadrado de la distancia que los separa.

Por último, hemos de hacer constar que Oersted descubrió las acciones mutuas entre los imanes y la electricidad, de cuyas experiencias se han deducido las leyes *electro-dinámicas* y *electromagnéticas*, fuente de grandes aplicaciones prácticas.

CAPITULO II

ELECTRICIDAD FRANKLINIANA Ó ESTATICA

I. GENERALIDADES Y DEFINICIÓN.—Hasta hace pocos años se dividían los fenómenos eléctricos en estáticos y dinámicos, significando estas denominaciones en los primeros un estado de equilibrio eléctrico, y en los segundos un flujo continuo de electricidad. Pero hoy día, que la teoría de la unidad de las fuerzas físicas explica todos los que en la naturaleza se observan, es absurdo seguir admitiendo esta división.

Todos los fenómenos eléctricos son debidos á una misma causa, á movimientos vibratorios del éter, siendo sus manifestaciones distintas, modalidades distintas también de este mismo movimiento.

Por lo tanto, denominaremos electricidad frankliniana á la estática, en recuerdo á Franklin; y si alguna vez utilizamos como sinónima esta última acepción, será para no producir con un cambio tan radical confusiones de lenguaje.

Los fenómenos electro-estáticos ó franklinianos, son transformaciones de la energía mecánica en eléctrica.

Por haberlo hecho ya, no entraremos en la definición de cuerpos buenos y malos conductores; pero sí haremos observar que en estos últimos la electricidad penetra en ellos, cada molécula adquiere su tensión eléctrica, y el conjunto de tensiones moleculares da la tensión de la masa eléctrica. En los buenos conductores, la electricidad se acumula en la superficie, en donde se mantiene por la presión atmosférica y mala conductibilidad del aire cuando está seco, puesto que cuando el aire es húmedo deja escapar fácilmente la electricidad á la atmósfera, lo cual

justifica una vez más lo que al empezar el capítulo decíamos: que la forma estática ó de equilibrio de la electricidad no existe, puesto que habiendo pérdidas siempre continuas, hay movimiento, hay corriente.

De esto se deduce que las máquinas productoras de esta modalidad eléctrica necesitan estar rodeadas de una atmósfera seca para que funcionen bien.

La tendencia que la electricidad tiene á esparcirse en el medio ambiente, se denomina *tensión eléctrica*. Si sobre un conductor aislado obra por influencia un cuerpo electrizado, sabemos que éste á su vez se electriza, y la cantidad mayor ó menor de electricidad que puede adquirir depende de su *capacidad;* capacidad que es tanto mayor cuanto mayor es la superficie, sin que la extensión de ésta influya en la tensión.

II. CONCEPTO GENERAL DE LAS MÁQUINAS FRANKLINIANAS Ó ELECTRO-ESTÁTICAS.—Estos aparatos están destinados á transformar de un modo continuo el trabajo mecánico en energía eléctrica.

La característica de estas máquinas es la tensión eléctrica grandísima que llegan á adquirir; en cambio, la cantidad de electricidad que producen es pequeña: así es que deben calificarse como máquinas de pequeña capacidad. Cuando quiera aumentarse ésta, es preciso agregar los condensadores que más adelante estudiaremos.

En todas las máquinas electro-estáticas hay que considerar dos polos, en los que se acumula la electricidad: en uno la positiva y en el otro la negativa. Las máquinas eléctricas pueden desarrollar electricidad por frotamiento ó por inducción. Para el objeto de nuestro estudio, es inútil que nos ocupemos de las primeras, porque son de manejo difícil y dan un rendimiento tan escaso, que son incapaces, en general, de producir la iluminación de los tubos Roentgen; las de inducción son las únicas útiles á nuestro objeto. En éstas hay que considerar siempre dos partes: una destinada á la creación de un campo eléctrico, y otra,

que es en la que se verifican los fenómenos de inducción, aprovechando el campo electro-estático formado.

Todos estos aparatos están fundados en el *electróforo*, que es la más sencilla de las máquinas eléctricas. Inventado por Volta, se compone de una torta de resina contenida en una caja de madera y de un disco movible de metal provisto de un mango aislador de vidrio. Se electriza negativamente golpeando la torta de resina con una piel de gato; colocando entonces el disco de metal sobre la resina, que es mala conductora de la electricidad, conserva la electricidad en ella producida, y por influencia atrae el fluido positivo del disco metálico hacia la cara que tiene en contacto, mientras que el negativo se acumula en la opuesta; si se toca esta cara con un dedo, la electricidad negativa pasa á través del cuerpo á la tierra. Después de hecha esta operación, se separa por medio del mango de cristal el disco, y aproximando un cuerpo buen conductor, se verifica una descarga eléctrica en forma de chispa, mayor ó menor, según las dimensiones mayores ó menores del electróforo.

Esta maniobra puede repetirse tantas veces como se quiera, obteniendo un flujo eléctrico intermitente. A evitar estas intermitencias tienden las máquinas eléctricas que se han ido inventando y perfeccionando considerablemente.

Grande sería el número de aparatos que tendríamos que describir, si fuéramos á detallar las de los diversos autores que con más ó menos acierto han producido máquinas de esta naturaleza; pero como nuestro objeto es ocuparnos solamente de las que tienen utilidad práctica para la Radiografía, limitaremos la descripción á las máquinas de Wimshurst y sus derivadas.

III. MÁQUINAS WIMSHURST.—Estas máquinas se componen de dos discos concéntricos y de iguales dimensiones (fig. 5), de vidrio ó de ebonita, que, sostenidos en el mismo eje y provistos de sectores de estaño *ab* en sus caras exteriores, giran en dirección contraria, gracias al entrecruzamiento de una de las cuerdas sin fin que transmiten el movimiento del eje; de dos conduc-

tores diametrales *SR* provistos de escobillas metálicas, inclinadas de manera que con el diámetro vertical formen un ángulo de 45°, resultando que el ángulo que entre sí forman á cada lado de los discos es recto; dos piezas en U que abrazan á los discos, tienen unos peines ó puntas metálicas en la parte interna que mira á los discos y están colocadas en el diámetro horizontal.

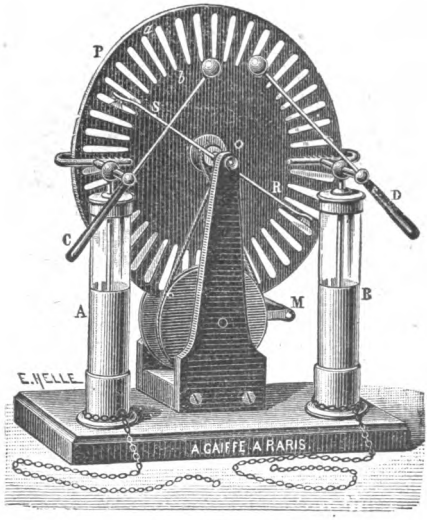


Fig. 5.—Máquina electro-estática de Wimshurst.

Estas piezas en U terminan en dos conductores *CD* que, á su vez, lo hacen en las bolas ó polos de la máquina.

Estos conductores pueden comunicar ó no con las botellas de Leyden *AB*.

Por medio de una manivela giran los discos, siendo preferible acoplar al eje un motor eléctrico, con lo que se consigue un movimiento más regular y rápido; condición casi indispensable para la obtención de los rayos X por medio de las máquinas franklinianas.

Desde luego debemos decir que los discos de estas máquinas,

aun cuando pueden ser de cristal ó ebonita, es preferible sean de esta última substancia por ser menos quebradiza y poder soportar velocidades mucho mayores que cuando están construídas con discos de cristal.

Una modificación feliz (fig. 6) de estas máquinas fué la ideada, en 1893, por Luis Bonetti, que suprimió los sectores metálicos y aumentó el número de escobillas, obteniendo con

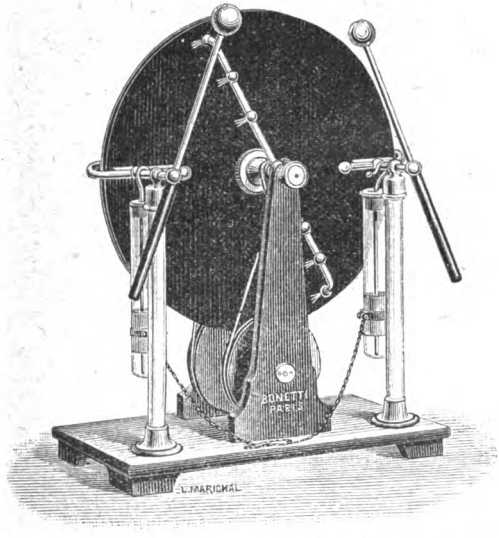


Fig. 6.—Máquina Wimshurst, modificada por Bonetti.

esta modificación un rendimiento mucho mayor que con las máquinas de sectores á igualdad de diámetro.

Las diferencias que existen en el modo de funcionar de una máquina Wimshurst con sectores ó sin ellos, son las siguientes: 1.ª, la máquina sin sectores no es auto-excitadora; para obtener el desarrollo del fluido es preciso *cebar* la máquina, producir en los discos el desarrollo de electricidad, lo cual se obtiene, ó aproximando á uno de ellos una barra de lacre ó ebonita previamente frotada, ó rozarlo con la extremidad de los dedos, bien

secos ó recubiertos de una pequeña cantidad de oro musivo; 2.ª, tienen la ventaja sin sectores, de que los polos no se inviertan, condición importantísima para su unión con el anodo y catodo de los tubos de Roentgen; 3.ª, la mayor facilidad de limpieza y el no tener que reponer los sectores que se desprendan, no son pequeñas ventajas de comodidad y economía de tiempo.

Varias son las máquinas que, derivadas de esta sencillísima de Wimshurst, se han construído con objeto de obtener mayor rendimiento; sólo nos ocuparemos de las que resultan de verdadera utilidad.

IV. MÁQUINAS DERIVADAS DE LAS DE WIMSHURST. MÁQUINAS DE GAIFFE.—Dice Gaiffe que cuando se quiere obtener mucho rendimiento de las máquinas estáticas, hay que emplear grandes discos, los cuales tienen el inconveniente de que la ve-

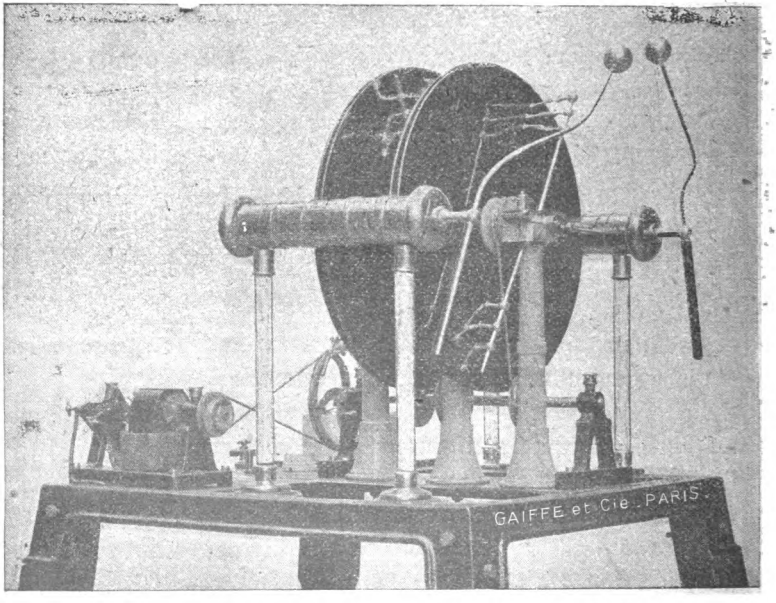


Fig. 7.—Máquina Wimshurst, modificada por Gaiffe.

locidad ha de ser pequeña, y, por tanto, se pierde gran parte de las ventajas, ó utilizar cilindros colectores de diámetro grande, que aun cuando aumenten la capacidad, no compensan los inconvenientes que tienen, por las costosas reparaciones á que hay

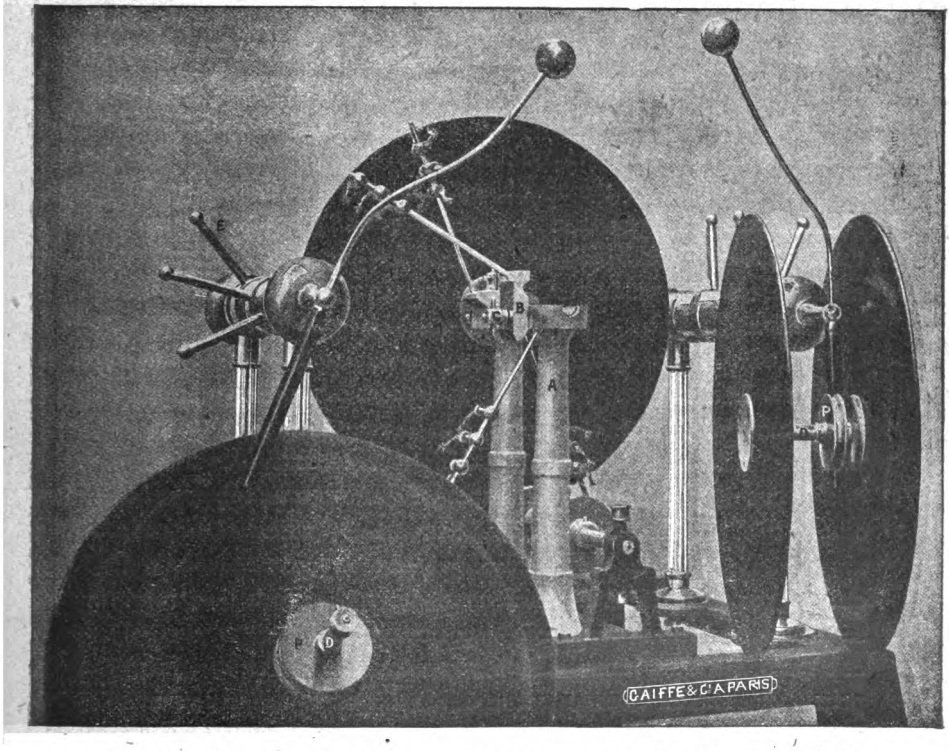


Fig. 8.—Máquina Wimshurst, modificada por Gaiffe (demostrando lo sólido y sencillo de su mecanismo).

que someterlos cuando se deforman ó deterioran. Para remediar todos estos defectos, la mejor solución es el uso de las máquinas de múltiples discos, pero de diámetro mediano, cuyas superficies sumadas dan por resultado una superficie activa considerable, que, unida á la velocidad mayor que por su menor diámetro pueden alcanzar, producen un rendimiento considerable.

Modificando (figs. 7 y 8) en esta máquina las correas transmisoras del movimiento y evitando la longitud exagerada del eje central de los discos, se han obtenido las ventajas que, descritas por el mismo Gaiffe, son las siguientes:

1.ª, independencia absoluta de los pares de discos, que se pueden desmontar aisladamente para limpiarlos; cada par de discos está montado sobre un árbol independiente; 2.ª, los porta-escobillas son completamente rígidos y fijos en las columnas de soporte de los discos; y 3.ª, los porta-peines son movibles alrededor de los colectores de las máquinas, permitiendo esta disposición separarlos para levantar los discos.

Los discos dan 900 vueltas con motores de potencial muy pequeño, no exigiendo una máquina de seis discos y 55 centímetros más que una fuerza de 12 kilográmetros.

Máquina Ducretet.—Este fabricante tiene dos modelos especiales de máquinas Wimshurst: una de cuatro discos de 56 centímetros de diámetro, y otra de doce discos de 50 centímetros, máquinas que no se invierten durante la marcha y son auto-excitadoras; las de cuatro discos tienen cuatro condensadores montados en cascada, correspondiendo dos á cada uno de los pares de discos, lo cual aumenta considerablemente el rendimiento de este aparato. Las botellas de Leyden, que forman parte de estas máquinas, pueden utilizarse ó no: cuando no sean necesarias bastará separar las varillas metálicas que establecen la comunicación con las armaduras internas de las botellas, con lo que queda suprimida la acción condensadora de éstas, pues pasa la electricidad directamente á los excitadores.

Un robusto montaje da gran fijeza y estabilidad al conjunto del aparato.

Máquina de Bonetti.—La modificación ya expresada que en las máquinas Wimshurst hizo Bonetti, bastaría por sí sola para hacer la apología de este autor; pero no satisfecho con las simples ventajas de la máquina ya descrita, presentó el año 1899 á la Sociedad francesa de Física nuevos modelos de máquinas estáticas de seis y doce discos para conseguir lo que la práctica había demostrado: que en Radioscopia, y dentro de ciertos límites, el

resultado era tanto mejor cuanto mayor era el rendimiento de la máquina. Para esto construyó aparatos con órganos mecánicos muy fuertes, capaces de resistir grandes velocidades hasta llegar á la de 800 á 1.000 vueltas por minuto.

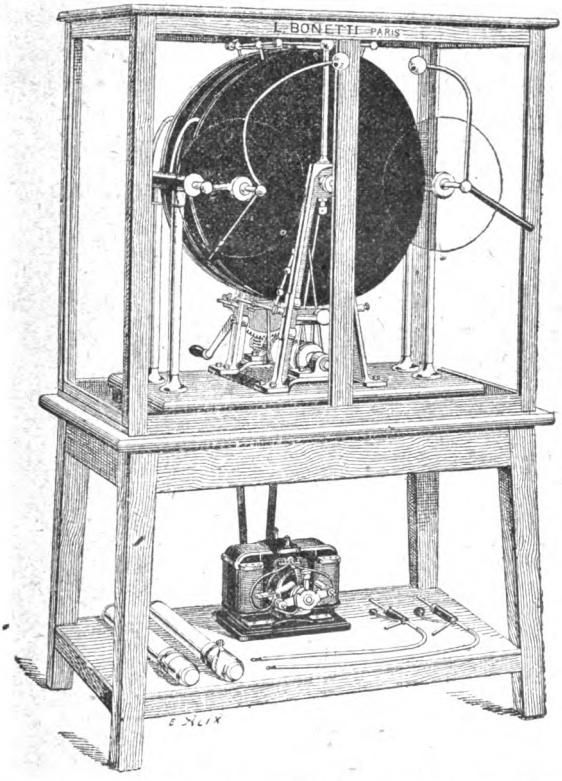


Fig. 9.—Máquina Wimshurst, modificada por Bonetti, de seis discos.

Las máquinas de doce discos (fig. 9) son de 55 centímetros de diámetro y están montadas en una mesa de hierro fundido, muy fuerte, para evitar las oscilaciones que podría determinar la gran velocidad de los discos; el montante en que está sostenido el eje de los discos y el de las poleas, es también de fundición; las correas

sufren un esfuerzo de 130 gramos por milímetro cuadrado de sección, y como son capaces de soportar un esfuerzo diez veces mayor, hace que el alargamiento sea muy escaso, y, por lo tanto, el movimiento de los discos es muy dulce y sin sacudidas, pudiendo en caso necesario tenderse durante la marcha del aparato por medio de un mecanismo sencillo. Tanto la máquina de doce discos como la de seis están contenidas en una elegante vitrina; inconveniente único que encontramos á este aparato, pues si bien es fácil secar la atmósfera limitada que existe dentro de la vitrina, en cambio el gran rendimiento de estas máquinas, dando lugar al desarrollo de grandes cantidades de ozono, ha de hacer, por el gran poder oxidante que tiene este cuerpo, que se deterioren con facilidad los metales que forman el aparato, por cuya razón las creemos preferibles sin vitrina, cuidando que la atmósfera de la habitación en que se halle la instalación esté suficientemente seca.

Como el manejo de estos aparatos á mano sería muy pesado, se hallan provistos de motores eléctricos, lo mismo para corrientes alternativas que para corrientes continuas, merced á lo cual se obtiene el gran número de revoluciones indispensable á estos modelos de máquinas.

V. MANERA DE DISTINGUIR LOS POLOS Y CONDICIONES NECESARIAS PARA LA BUENA MARCHA DE LAS MÁQUINAS.—Cuando las máquinas Wimshurst han sufrido la modificación de Bonetti, es decir, que se hallan desprovistas de sectores mecánicos, el polo positivo se fijará siempre sobre la bola que corresponda al sentido de la rotación del disco excitado, ya por influencia, como hemos dicho anteriormente, por medio de una barra de ebonita ó lacre, ó ya por medio del rozamiento con uno ó dos dedos.

Dejando á un lado el uso de aparatos especiales, como el electróscopo, para distinguir los polos, podemos hacerlo por medios facilísimos, que están al alcance de todo el mundo. Si se hace saltar una serie de chispas entre los extremos polares de los conductores de una máquina eléctrica, se observa en el trayecto de

la chispa una estrangulación que está más próxima al polo negativo que al positivo.

Pero el medio más sencillo y práctico consiste en colocar la llama de una cerilla ó bujía entre los dos polos, la cual se inclina hasta formar un ángulo recto; el polo á que se dirige la punta de la llama será el negativo de la máquina.

Para garantir una buena marcha y rendimiento de las máquinas franklinianas, es preciso asegurarse del buen estado de los motores ó de la manivela, en caso de que se use la fuerza manual; las correas de transmisión del movimiento deben estar en buen estado y tensas; los ejes bien engrasados, pero cuidando que el exceso de grasa no se corra por la superficie de los discos; la atmósfera de la habitación en que esté instalada debe estar bien seca, evitando el uso de vitrinas; pero teniendo siempre presente que la humedad y el polvo son los dos enemigos principales de esta clase de aparatos y la desesperación de la mayor parte de los operadores, por la inconstancia que tienen, en su modo de funcionar, cuando no se hallan en atmósfera seca ó la limpieza ha estado algún tanto descuidada.

Si se utiliza una máquina con sectores, será preciso, cuando el roce los haya desgastado, renovarlos, lo cual se hace con gran facilidad, puesto que es suficiente pegar otros nuevos, mediante una disolución de goma, en el sitio donde estuvieron los primitivos.

Si se usa máquina sin sectores y los discos son de ebonita, el mejor modo de limpiarlos es friccionarlos con una mezcla de alcohol absoluto y éter á partes iguales.

Cuando las escobillas lo requieren, deben ser reemplazadas; y, por último, debe tenerse este aparato suficientemente separado de colgaduras, de paredes que tengan dorados y de los tubos metálicos, muchas veces indispensables, de los aparatos de calefacción.

VI. CONDENSACIÓN Y CONDENSADORES.—*Condensador.*—Es un aparato destinado á depositar ó acumular cantidades conside-

rables de electricidad frankliniana, que otro aparato produce, en superficies relativamente pequeñas. Al fenómeno se le denomina *condensación*.

Todo condensador se compone de dos conductores separados por un *dieléctrico:* uno de los conductores se pone en comunicación con la máquina productora de electricidad, es decir, con un aparato que mantenga un potencial constante; el otro se pone en comunicación con el suelo. Denomínanse estos dos conductores *armaduras* del condensador; al primero se le llama *colector* y al segundo *condensador*.

El condensador más elemental es el clásico de Aepinus, que se compone de dos discos metálicos aislados y movibles, que pueden aplicarse á las caras de una lámina de vidrio. Se obtiene el mismo resultado pegando dos hojas iguales de estaño sobre las caras opuestas de una lámina de vidrio, pero menores que ésta, para dejar siempre alrededor una ancha faja de vidrio, que se barniza de goma laca, para evitar la propagación de la electricidad por las superficies del dieléctrico, y, por tanto, la descarga.

La lámina de vidrio puede ser sustituída por una de ebonita, mica ó de papel parafinado. El objeto del vidrio, mica ó papel parafinado es el de poder aproximar los discos ó superficies conductoras á pequeña distancia, sin que salten chispas, como sucedería si fuera el aire el dieléctrico.

Botella de Leyden.—Para utilizar prácticamente los condensadores, aumentando la capacidad de las máquinas electro-estáticas, se hace uso en general de la botella de Leyden, que toma forma de probeta cuando constituye parte de los aparatos de Wimshurst que acabamos de describir.

La botella de Leyden recibe este nombre del pueblo en que fué inventada, siendo debida, según unos, á Muschembrock, y según otros, á Cuneus. Renunciamos á su descripción por ser generalmente conocida.

Carga y descarga de los condensadores.—Para cargar los condensadores, se pone una de las armaduras en comunicación con la máquina electro-estática, y la otra con el suelo por medio de

una cadena. La descarga puede hácerse de un modo lento ó instantáneo.

Se descarga lentamente tocando primero con el dedo ó un cuerpo conductor, el disco que contiene un exceso de electricidad, es decir, el que no está en comunicación con el suelo, y una vez hecho esto se toca la otra armadura, obteniendo otra pequeña descarga: consíguese de esta manera que la descarga se haga muy lenta, durando un espacio de tiempo considerable, y que teóricamente debiera ser infinito. Cuando se quiere hacer la descarga *instantánea* ó *brusca*, hay que poner en comunicación las dos armaduras por medio de un excitador ó arco metálico, terminado por bolas y con mango de cristal aislador á fin de que el operador no sufra los efectos, que pueden ser temibles en la descarga instantánea.

A pesar de esto, la descarga nunca es absoluta: siempre pueden conseguirse, con nuevos contactos, pequeñas descargas, que se llaman *descargas secundarias*.

La condensación es proporcional á la superficie de los conductores ó armaduras, é inversamente proporcional al espesor del dieléctrico (*).

Modo de agrupar los condensadores.—La cantidad de electricidad que puede acumular un condensador depende de su capacidad, es decir, de su superficie; pero aun cuando teóricamente á superficie mayor corresponde mayor acumulación, prácticamente no es posible traspasar ciertos límites, puesto que siendo la capacidad mayor cuanto menor es el espesor del dieléctrico, si no se aumenta el grueso de éste, se corre el seguro riesgo de

(*) La capacidad eléctrica de un condensador, se representa por medio de la fórmula

$$C = \frac{S}{4\pi e},$$

en que C representa la capacidad, S la superficie de las armaduras, e el espesor del dieléctrico y π la relación numérica 3,141592..... de la circunferencia al diámetro, demostrando que la capacidad del colector es proporcional á la superficie é inversamente proporcional al espesor del dieléctrico.

que la recomposición del estado natural eléctrico se efectúe á su través, rompiéndose y perdiendo, por lo tanto, las condiciones de aislador. Para evitarlo, se agrupan los condensadores en forma de *batería*, que equivale á reunir las armaduras internas por una parte y de otra las externas, ó en *cascada*, que consiste en reunir la armadura interna de una botella con la externa de la que le sigue, que es la forma de asociación más conveniente para los aparatos electro-estáticos que se usan en Radiología.

CAPITULO III

ELECTRICIDAD GALVÁNICA

I. GENERALIDADES.—Estudiando Galvani la influencia de la electricidad sobre la irritabilidad nerviosa de los animales, observó que los músculos crurales de una rana recién decapitada, puestos en contacto con los nervios lumbares por medio de un conductor metálico, se contraían con energía; á este fenómeno lo consideró Galvani en 1786, época de su inmemorable experimento, debido á la electricidad animal ó fluido galvánico.

Volta, repitiendo los experimentos de Galvani, comprobó que las contracciones eran mucho más enérgicas cuando el arco metálico que empleaba se componía de dos metales, deduciendo de ello que se producía un desprendimiento ó desarrollo de electricidad por el contacto de dos metales, sin que para nada interviniesen los tejidos animales más que como meros conductores.

Dedujo de los diversos experimentos que con este motivo llevó á cabo, que el contacto de dos metales y aun de dos cuerpos heterogéneos da siempre nacimiento á una fuerza electromotriz, que origina la descomposición de la electricidad natural y evita la recomposición de las electricidades contrarias acumuladas en los cuerpos en contacto; y que cuando dos substancias heterogéneas se ponen en contacto, la diferencia algebráica de su estado eléctrico es siempre constante, cualquiera que sean las condiciones en que se coloquen, é igual á su fuerza electro-motriz. Dividió los cuerpos en *buenos electro-motores* y en *poco ó débiles electro-motores;* posteriormente la hipótesis de Ampère, que suponía que al combinarse dos átomos se apoderan de cantidades

de electricidad iguales cada uno de ellos para formar un cuerpo en estado neutro, dividió los cuerpos en *electro-positivos* unos, por apoderarse de la electricidad positiva, como el hidrógeno, las bases y los metales, y en *electro-negativos* otros, porque se apoderan de la electricidad negativa, como el oxígeno, los ácidos, etc.

Par ó elemento voltáico.—La corriente galvánica, que ya sabemos que se caracteriza gráficamente, según en el capítulo I dijimos, por una línea paralela al eje de los tiempos, se produce por medio de las pilas, los acumuladores y las máquinas dinamos.

Estudiaremos en este capítulo las pilas y acumuladores.

Un par ó elemento voltáico, denominado así por ser debida á Volta su construcción, está siempre formado por dos metales sumergidos en un líquido que los ataca desigualmente. En la pila de Volta el elemento se compone de un disco de cobre y un disco de zinc, separados por un trozo de paño humedecido en agua acidulada con ácido sulfúrico; una serie de estos discos, sobrepuesta en el orden enumerado y formando una columna empezando con un cobre y terminando con un zinc, constituyeron la primer *pila eléctrica*, que por su forma recibió tal nombre. A la teoría del simple contacto de Volta siguió la hipótesis de Ampère de los cuerpos electro-positivos y electro-negativos, la cual, si bien es suficiente para explicar la diferencia de potencial que se produce en las combinaciones de esta pila ó elemento á circuito cerrado, no es suficiente para explicar la diferencia de potencial en las pilas á circuito abierto, es decir, cuando la acción química no existe; lo cual hizo recurrir nuevamente á la teoría de Volta que explica el que la fuerza electro-motriz depende solamente de la naturaleza de los cuerpos puestos en contacto, estableciéndose la diferencia de potencial por el contacto del cuerpo más atacable con el líquido excitador, no desempeñando el otro metal más papel que el de mero conductor.

En la actualidad, la teoría que impera sobre las pilas es una combinación de la de Volta y de la hipótesis química de Grotthus. Según esta teoría química, si colocamos una lámina de

zinc y otra de cobre dentro de un recipiente que contenga agua acidulada con ácido sulfúrico, el zinc es atacado por éste, formando sulfato de zinc, dando lugar al desprendimiento de una molécula de hidrógeno, según la fórmula siguiente:

$$Zn + SO^4H + HO = ZnO, SO^4H + H.$$

El zinc se ha electrizado negativamente y la molécula de hidrógeno positivamente, la cual obra sobre la que está más próxima dando lugar al desprendimiento de otra de hidrógeno, y así sucesivamente, hasta que se pone en contacto con el cobre, el cual adquiere la electricidad positiva de que aquella molécula está cargada, no desempeñando el cobre otro papel que el de simple conductor.

Del mismo modo que el cobre, se conduce cualquier otro metal inatacable por el ácido sulfúrico, ó simplemente una lámina de carbón, que es la que generalmente constituye el elemento positivo de las pilas. La combinación que se desarrolla resulta exotérmica, es decir, que se produce con desprendimiento de calor, más ó menos intenso según las condiciones en que se verifica.

Se llama *polo positivo* de un par ó elemento voltáico, el metal más cargado de electricidad, que, según la teoría unitaria que hemos admitido, es el que se halla á un potencial más elevado; el metal atacado constituye el *polo negativo*, es decir, el que está á menor potencial. Más breve: el polo positivo es la extremidad donde se acumula el fluido positivo, y polo negativo el en que se acumula la electricidad negativa.

Se llaman *reóforos* ó *electrodos* los hilos metálicos que se fijan en los polos de la pila y están destinados á hacerlos comunicar directamente entre sí ó por intermedio de otro cuerpo conductor.

Cuando esta comunicación tiene lugar, se dice que el par está *cerrado* ó que se ha *cerrado el circuito*, en cuyo momento empieza la reacción química y el desarrollo de electricidad, y la corriente circula del polo de mayor tensión ó positivo al polo de menor tensión ó negativo, es decir, en el par supuesto, del cobre al zinc, así como en el interior de la pila la electricidad

marcha del zinc al cobre. Cuando los reóforos no están en comunicación, se dice que el circuito está *roto* ó el *par abierto*.

La pila eléctrica es una máquina que tiene la propiedad de producir una diferencia constante de potencial entre sus dos polos, transformando la energía química en energía eléctrica. Cuando esta diferencia de potencial, cuando la corriente, no se utiliza, se transforma en energía calorífica, cuya energía es proporcional á la resistencia de las distintas partes del circuito, que se calienta tanto más cuanto mayor es, por cuya causa la resistencia constituye una pérdida de trabajo importante, puesto que ciertas cantidades de energía eléctrica se convierten inútilmente en calor.

Polarización.—Si un par ó elemento voltáico está cerrado, teóricamente debe estar produciendo electricidad mientras existan metal atacable y líquido capaz de atacarlo; pero en realidad no resulta así: aun cuando haya líquido suficientemente activo para atacar, las reacciones van disminuyendo en intensidad y la producción de electricidad también disminuye.

Este fenómeno, que recibe el nombre de *polorización*, obedece á causas múltiples: 1.ª, el depósito de hidrógeno que se forma alrededor del polo positivo, siendo peor conductor que el líquido, forma una verdadera resistencia al paso de la corriente; 2.ª, la tendencia que tiene á recombinarse el hidrógeno con el oxígeno para formar nuevamente agua, determina otra corriente eléctrica en dirección contraria á la principal de la pila, que debilita, por lo tanto, la de ésta; 3.ª, la producción constante de sulfato de zinc, en virtud de la reacción que se verifica y que se disuelve en el agua acidulada, es una causa de resistencia en el interior de la pila, y además, disminuyendo la concentración de la disolución ácida, conforme se va concentrando de sulfato de zinc, decrece la intensidad de la reacción química; por último, las impurezas del zinc comercial que se emplea, dan lugar á la producción de una serie de corrientes locales que debilitan la corriente principal de la pila.

Conocidas las causas que debilitan la acción de las pilas, el afán de todos los constructores y de todos los físicos que se han

dedicado á esta clase de trabajos, ha sido el disminuirlas á fin de poder utilizar la mayor cantidad de energía eléctrica, fin que han conseguido en parte, aun cuando no tan en absoluto como fuera de desear, á pesar de todos los esfuerzos y progresos verdaderamente realizados desde Volta. Empléanse distintos medios para evitar los inconvenientes enumerados, los cuales iremos señalando conforme nos ocupemos de las pilas en particular.

II. CONSTANTES DE LAS PILAS Y MODOS DE AGRUPARLAS.—En todo elemento ó pila hay que estudiar las diversas constantes que la caracterizan.

Fuerza electro-motriz ó diferencia de potencial.—Causa productora de la corriente eléctrica es proporcional á la afinidad química de los cuerpos que entran en reacción, sin que en ella influya el tamaño del elemento; por tanto, la fuerza electro-motriz de un par es siempre constante para cada género de pila, y su unidad de medida que ya conocemos, el *voltio*, equivale aproximadamente á la fuerza electro-motriz de un elemento de Daniell.

Si reunimos varios elementos de tal modo que el zinc del primero comunique con el cobre del segundo, el zinc del segundo con el cobre del tercero, y así sucesivamente, tendremos que en los extremos así formados existirán dos polos: uno positivo y otro negativo, y entre éstos una diferencia de potencial ó fuerza electro-motriz que será proporcional al número de elementos que hayamos reunido.

Si denominamos E la fuerza electro-motriz de la pila formada, e la fuerza electro-motriz de cada uno de los pares ó elementos, y n el número de éstos, podremos representar la fuerza electro-motriz de una pila por la fórmula

$$E = e\, n.$$

Resistencia.—Sabemos que la resistencia es proporcional á la longitud é inversamente proporcional á la superficie de sección

de los conductores, teniendo en cuenta el coeficiente de conductibilidad que es siempre igual para un mismo cuerpo. Por lo tanto, siendo la resistencia de un conductor tanto mayor cuanto menor es su sección, se deduce de esto que una pila es tanto más resistente, cuanto más pequeña es la sección de la capa líquida que separa los metales: así también la resistencia crece proporcionalmente con la distancia que separa las dos láminas metálicas que forman el elemento, del mismo modo que aumenta interponiendo vasos porosos que separen á los metales y líquidos entre sí.

Si, como anteriormente hacíamos, unimos en serie ó tensión un número mayor ó menor de elementos, la resistencia crece con el número de éstos: por lo tanto, si denominamos R la resistencia total de la pila, r la de cada uno de los elementos, y por n el número de éstos, podremos expresar

$$R = r\,n;$$

pero si en vez de reunir estos elementos en serie ó tensión, los reunimos en cantidad, es decir, uniendo de una parte todos los zines y de otra todos los cobres, se comprende que se aumenta la superficie de los metales tantas veces como número de elementos se reúnen; lo que equivale á aumentar la superficie total de la pila, en cuyo caso la fórmula anterior se convierte en

$$R = \frac{r}{n}.$$

Intensidad.—Según la ley de Ohm que hemos formulado en el capítulo I, la intensidad de una corriente es proporcional á la fuerza electro-motriz é inversamente proporcional á la resistencia del circuito

$$I = \frac{E}{R}.$$

Veamos ahora qué consecuencias de aplicación á las pilas podemos deducir de esta ley.

Supongamos que disponemos de un solo elemento: si tenemos

en cuenta que la resistencia del circuito es la suma de la resistencia interior de la pila y de la resistencia exterior, es decir, de los conductores que unen los polos, la fórmula anterior se convertirá en

$$I = \frac{E}{R + r},$$

si á la resistencia exterior llamamos R y á la resistencia interior r.

Si en vez de un solo elemento tenemos un número n de elementos, según lo que ya hemos manifestado, la fórmula se convierte en

$$I = \frac{nE}{R + nr}.$$

Como el valor I crece ó disminuye según disminuye ó crece el factor $R + n\,r$, la interpretación de la ecuación puede presentar dos soluciones, según la importancia que tenga el elemento R. En el caso de que R sea tan pequeño que puede despreciarse, la fórmula puede reducirse á la expresión

$$I = \frac{nE}{n\,r} = \frac{E}{r}.$$

Por lo tanto, en este caso, que es el de más común aplicación para el estudio que nos ocupa, no hay ventaja en aumentar el número de pares colocándolos en serie, puesto que la intensidad no aumenta; pero si disminuímos la resistencia de la pila, es decir, r, aumentará I, según hemos visto en uno de los párrafos anteriores, por cuya razón convendrá reunir los pares en cantidad; lo que es igual á unir todos los zines de una parte y todos los cobres de otra.

En el caso en que el factor R tenga verdadera importancia, la fórmula

$$I = \frac{n\,e}{R + n\,r}$$

se puede simplificar dividiendo todos los términos de la ecuación por n, lo que da por resultado

$$I = \frac{E}{\frac{R}{n} + r}.$$

Por lo tanto, vemos que cuanto más pequeño sea el factor $\frac{R}{n}$ crece la intensidad, es decir, aumentará proporcionalmente con el número de los elementos utilizados, y, por lo tanto, en este caso será conveniente reunir los pares en serie ó tensión.

Modo de asociar los pares ó elementos.—Muchas combinaciones pueden presentarse en el modo de asociar ó unir los pares; pero los esenciales son tres: reunión en batería ó cantidad, en serie ó tensión, y mixto.

Para agrupar los pares en *batería* se reúnen, como ya hemos indicado, por medio de un conductor, todos los polos positivos, y por medio de otro todos los negativos. El conjunto de los primeros forma el polo positivo, y el de los segundos el negativo.

Este modo de reunir las pilas equivale á formar un solo par de gran superficie, con lo que la fuerza electro-motriz no aumenta; pero la resistencia disminuye proporcionalmente al número de los pares, y, por lo tanto, según lo que nos enseña la ley de Ohm, *cuando la resistencia del circuito sea pequeña, la intensidad de la corriente aumentará considerablemente.*

Uniendo en una pila el zinc del primer elemento con el cobre del que le sigue, y el zinc de éste con el cobre del tercero, y así sucesivamente, nos encontramos en las extremidades de la pila así formada, un cobre y un zinc que quedan libres, y que constituyen el polo positivo y negativo de la *serie;* con lo cual habremos conseguido formar una pila, con una fuerza electro-motriz igual á la suma de las fuerzas electro-motrices de los elementos que la constituyen, á la vez que habremos aumentado de igual modo la resistencia de la pila, en cuyo caso ganará en intensidad la corriente, siempre que la resistencia del circuito exterior sea tan considerable que podamos despreciar la suma de las resistencias interiores de la pila.

Para formar la asociación mixta, hay que reunir un mismo número de elementos en série, considerándolos como una pila única, y con dos ó más grupos de estas reuniones, formar batería, ó de un modo inverso, reunir grupos en baterías y asociarlos luego en tensión.

III. PILAS HIDRO-ELÉCTRICAS.—En el estudio que vamos á hacer de las diversas pilas utilizables en Radiografía, no podemos seguir ninguna de las clasificaciones clásicas que de ellas se han hecho, porque nos conduciría á detallar un gran número, que no presentan interés práctico á nuestro objeto: así es que describiremos indistintamente las pilas sin los rigores de una clasificación.

Para fijar mejor las ideas, repetiremos que en todas las pilas hay que considerar un metal atacable, que casi siempre es el zinc amalgamado, formando el polo negativo; otro metal no atacado, que hace de conductor y constituye el polo positivo.

El metal no atacado se sustituye generalmente por carbón artificial.

Además de los metales, en todas las pilas hay que considerar el líquido excitador, es decir, el que ha de producir la reacción sobre el zinc y una substancia despolarizante, que en general lo es un cuerpo que tienda á apoderarse del hidrógeno, que se deposita sobre la lámina positiva de la pila, causa principal de la polarización.

Entre las substancias despolarizantes se cuenta el bióxido de manganeso, sulfato de cobre, sulfato de mercurio, ácido nítrico, bicromato de potasa, etc., etc.

Pila de Daniell.—Tan sólo como recuerdo histórico, y además por ser el tipo á que se refiere la unidad de fuerza electro-motriz, describiremos esta pila, que se compone de un vaso de vidrio, lleno de una disolución saturada de sulfato de cobre, en la cual se introduce un cilindro del mismo metal. En la parte superior de este cilindro existe una galería anular agujereada, en la que se colocan cristales de sulfato de cobre á fin de mantener satu-

rada la disolución á medida que el aparato funciona; en el interior de este cilindro de cobre hay un vaso poroso que permite el paso á los líquidos sin dejarlos mezclar: este vaso va lleno de agua acidulada, y en el centro de él un cilindro de zinc amalgamado que constituye el polo negativo de la pila. Poniendo en comunicación, por medio de reóforos, el cilindro de cobre que constituye el polo positivo, con el de zinc que constituye el negativo, comienza la reacción química, el agua se descompone, y el ácido sulfúrico ataca al zinc, que se electriza negativamente, mientras que la molécula de hidrógeno, que de la reacción queda libre, se electriza positivamente, pasando á través del vaso poroso á la disolución de sulfato de cobre; ésta, á su vez, se ha descompuesto, depositándose el cobre sobre la lámina positiva, y el radical SO_4, que se encuentra libre, se combina con el hidrógeno procedente del agua acidulada (*).

De estas pilas se derivan otras varias con modificaciones más ó menos prácticas, siendo una de las más útiles la pila de Callaud, que suprime el vaso poroso manteniéndose la separación entre el agua acidulada y la solución cúprica, por la diferencia de peso específico.

Pila de Bunsen.—Se compone de un vaso de cristal ó porcelana, que se llena de una disolución de diez partes de agua por una de ácido sulfúrico; dentro de ésta un cilindro hueco de zinc amalgamado, que es el polo negativo de la pila, y en su interior un vaso poroso en el cual se pone ácido nítrico; y, por último, un prisma de carbón que hace de cuerpo conductor y polo positivo. Uniendo los polos de la pila la reacción se produce; pero el hidrógeno producto de la descomposición del agua no se deposita sobre el carbón, sino que reduce el ácido nítrico transformándole primero en bióxido y luego en peróxido; lo que si bien tiene la ventaja de disminuir considerablemente la polarización, en cambio tiene el no pequeño inconveniente de producir el des-

(*) La reacción por la cual el sulfato de cobre se apodera del hidrógeno, es la siguiente:

$$H + CuO, SO^4H = HO + SO^4H + Cu.$$

arrollo de los vapores nitrosos, que además de molestar por su olor, atacan cuantas piezas metálicas encuentran á su alcance.

Esta pila, de una gran fuerza electro-motriz y de relativa poca resistencia interior, puede ser utilizada en caso de necesidad para la carga de acumuladores, por la constancia é igualdad de su trabajo; pero en cambio es sumamente molesto su empleo por los prolijos cuidados que exige el cargarla cada vez que se usa y el procurar que los zines, que se consumen con gran rapidez, estén constantemente bien amalgamados.

Dos procedimientos pueden emplearse para amalgamar los zines. El más eficaz, aunque menos rápido, consiste en desoxidar y limpiar el zinc sumergiéndole en una fuerte disolución de ácido sulfúrico, y después de bien lavado, extender el mercurio sobre él friccionando con una fuerte bruza. El otro procedimiento, llamado de Berjat, ahorra todas estas manipulaciones bastando sumergir durante un instante el zinc en una disolución de mercurio en agua regia, según la fórmula siguiente:

Mercurio.....	200 gramos.
Acido clorhídrico	750 —
Acido nítrico	250 —

Disuélvase y añádase:

Acido clorhídrico.....	1.000 —

Pilas de bicromato de potasa.—A fin de evitar el grave inconveniente que hemos señalado al ácido nítrico como líquido despolarizador en las pilas de Bunsen, Poggendorf inventó la pila de bicromato de potasa, en que el oxígeno necesario para la despolarización resulta de la descomposición del bicromato de potasa y ácido sulfúrico disuelto y diluído respectivamente en agua.

Los diversos modelos de esta clase de pilas, á pesar de no distinguirse por su constancia, se utilizan por la gran energía que suministran en un momento dado. En todas ellas el líquido excitador y despolarizador se halla formado por una disolución de bicromato de potasa ó de sosa mezclada con cierta cantidad de

ácido sulfúrico. Al cerrar en estas pilas el circuito se forma sulfato de zinc, y el oxígeno reduce el ácido crómico del bicromato en sexquióxido, el cual se combina con el sulfato de potasa y forma alumbre de cromo que se deposita sobre los carbones, formando una bonita cristalización que aumenta extraordinariamente la resistencia del par (*).

Muchas son las pilas que se han construído, derivadas de la primitiva de Poggendorf: la más generalmente conocida es la

Pila de Grenet.—Esta pila se compone de un frasco de vidrio, cerrada por una tapadera de ebonita, que entra á bayoneta en una pieza metálica existente en el cuello de la botella; en la tapadera de ebonita van adheridas dos láminas de carbón, y en medio de ellas otra de zinc, sostenida por un vástago que se desliza en el líquido excitador y se mantiene á mayor ó menor altura por medio de un tornillo de presión.

Lo mismo para esta pila que para las demás de su género, existen distintas fórmulas de líquido excitador; una de las mejores es la dada por Trouvé:

Agua.....	1.000	gramos.
Bicromato de potasa.....	125	—
Acido sulfúrico.....	450	—

La que nosotros empleamos con buen resultado, se compone de:

Agua.....	1.000	gramos.
Bicromato de potasa.....	150	—
Acido sulfúrico.....	200	—
Bisulfato de mercurio.....	20	—

En esta fórmula se adiciona el bisulfato de mercurio con objeto de mantener la amalgamación del zinc, con lo cual se

(*) La reacción en virtud de la cual se desprende el oxígeno que combinándose con el hidrógeno disminuye la despolarización, es la siguiente:

$$KO, 2CrO^3 + 4CO^3 = KO, SO^3 + Cr^2O^3, 3SO^3 + O^4.$$

aumenta la duración y regulariza mucho la marcha de la pila.

Cuando es necesario emplear grandes intensidades, entonces estas pilas, á pesar de la poca resistencia interior que tienen, y, por lo tanto, su relativa intensidad, no son suficientes y hay que aumentar extraordinariamente la superficie del metal atacable. Llenando este fin existen diversos modelos, todos ellos de muy buena construcción y útiles para producir la corriente en las bobinas que se emplean en Radiografía.

Pila Gaiffe (fig. 10).—En esta pila, zines y carbones *CCZ* están suspendidos de un travesaño de madera *P*, movible en un bastidor *BB*, por medio de una rueda dentada *R* movida por la manivela *M*. Cada par, compuesto de un zinc y dos carbones,

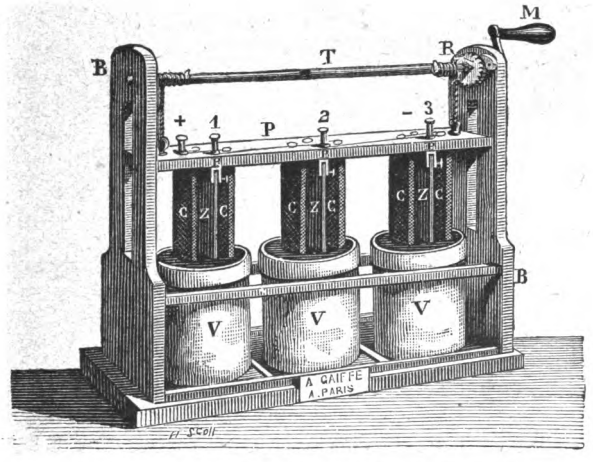


Fig. 10.—Batería Gaiffe de tres elementos.

entra en un vaso de vidrio ó porcelana *V*, que contiene la disolución crómica, en el que se inmergen más ó menos según la intensidad de la corriente que se desee obtener.

Pila Fuller.—Esta pila está formada (fig. 11) por un vaso poroso central *P*, en el cual se introduce un zinc *Z*, aplanado, grueso y muy amalgamado, que constituye el polo negativo; un vaso de porcelana ó de vidrio exterior *C* recibe tres carbones

que están fijados, por contactos inoxidables, en *E* y *D* sobre una corona metálica, la cual forma el polo positivo; el vaso poroso *P* contiene agua acidulada, y el vaso exterior impermeable contiene la disolución de bicromato.

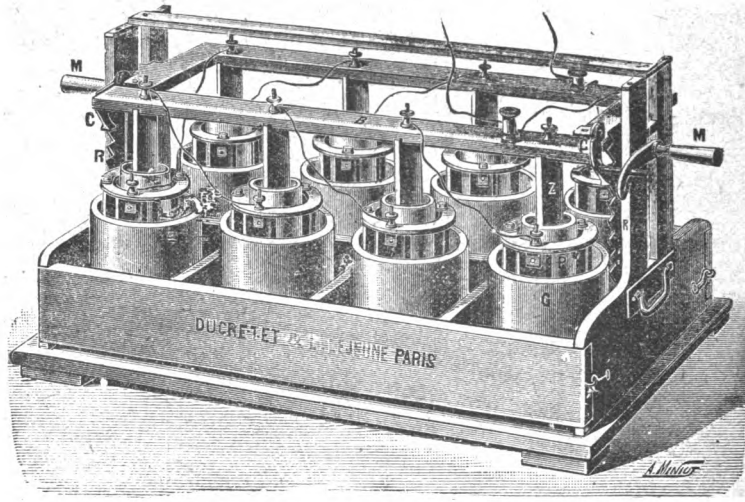


Fig. 11.—Pila Fuller.

Pila Radiguet.—En esta pila, también de dos líquidos (figura 12), cada par ó elemento está constituído por cinco carbones que entran en el vaso exterior, suspendidos de un vástago metálico y fijos á una corona de madera endurecida; los vasos interiores que contienen el zinc están esmaltados en su parte superior y bordes, y los zines son muy gruesos y bien amalgamados. Por medio de hilos metálicos como lo indica la figura 13, se reúnen los diversos elementos entre sí; el bocal exterior contiene una disolución de bicromato de sosa, y el vaso poroso interior agua acidulada.

Otro modelo de batería muy práctico y de gran fuerza es el de Radiguet, formado (fig. 13) por seis grandes vasos de vidrio de 25 centímetros de altura, los cuales contienen el líquido excito-despolarizador. En esta pila se sustituye el bicromato de

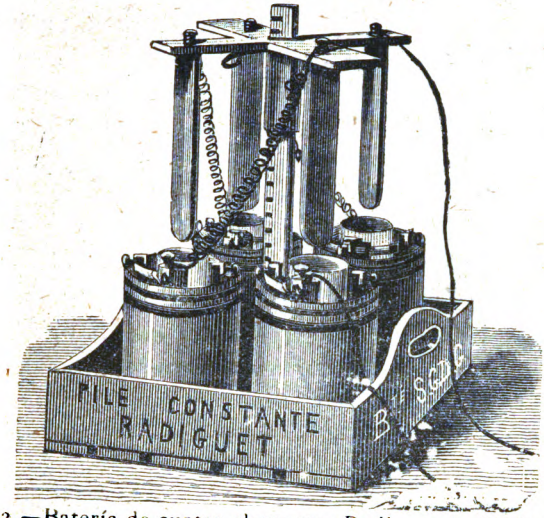


Fig. 12.—Batería de cuatro elementos Radiguet de dos líquidos.

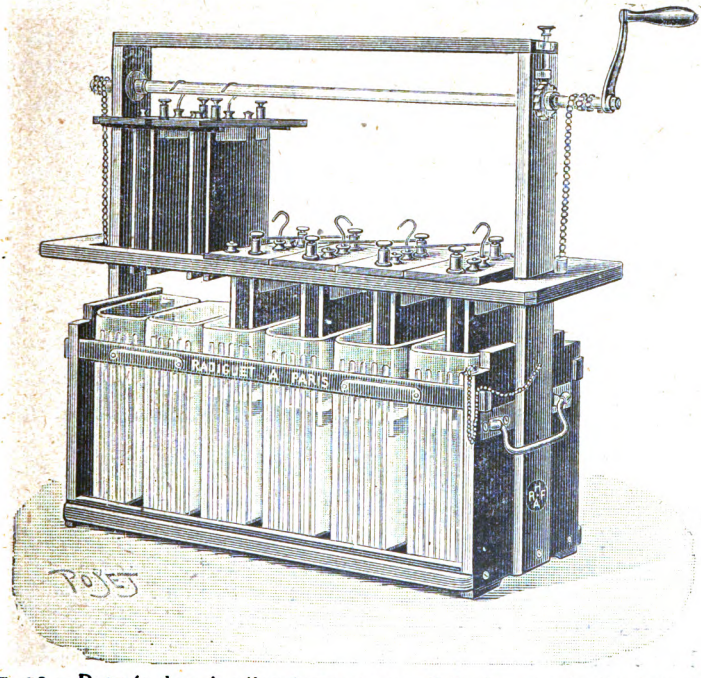


Fig. 13.—Batería de seis pilas de gran superficie de un solo líquido. (Bicromato de sosa, modelo Radiguet.)

potasa por el de sosa. La batería está dentro de un bastidor de madera, y el zinc y carbón suspendidos de un cuadro de madera, que, merced á una pequeña cabria, permite introducir mayor ó menor superficie atacable dentro del líquido excitador, y sacarse completamente del líquido los pares cuando se quiera poner en descanso la pila.

Pila y distribuidor del Dr. A. Vincent.—Esta pila es de un manejo fácil, de entretenimiento cómodo, poco costoso, de gran limpieza, de mucha intensidad, que se regula á voluntad, y en la que puede renovarse con gran facilidad el líquido, por cuyos motivos la juzgamos muy conveniente en todas las instalaciones en que no se disponga de corrientes del alumbrado.

La pila del Dr. A. Vincent es de bicromato de sosa y de electrodos de carbón y zinc amalgamado. Consta de un vaso de vidrio, agujereado en su cara anterior, por donde sale la extremidad de un sifón *v* (fig. 14), que llega hasta el fondo y asegura la salida del líquido usado ó debilitado. Los dos carbones *CH* están sostenidos por un cuadro de madera que descansa en los bordes del vaso. El zinc *Z*, de igual figura que los carbones, está colocado entre ellos y suspendido por una montura de madera que, á su vez, suspende cuatro guías de cristal que aseguran la separación constante entre el zinc y el carbón. Como los zines están montados todos en un mismo cuadro, pueden elevarse ó descender todos á la vez, por medio de una manivela.

Por delante de los vasos existe una canal *G*, que recibe el líquido de los sifones y lo vierte en un recipiente cualquiera *r*.

El objeto del distribuidor es evitar las molestias que consigo lleva el tener que llenar y añadir el líquido nuevo, elemento por elemento, haciendo esta entretenida operación de un modo automático (*).

(*) El líquido excitador que recomienda Ducretet como más económico y conveniente, es el siguiente:

Bicromato de sosa cristalizado..	125 gramos.
Acido sulfúrico del comercio...	100 cm. cúbicos.
Agua.....	1.000 —

Disuélvase el bicromato en agua fría ó ligeramente calentada, y

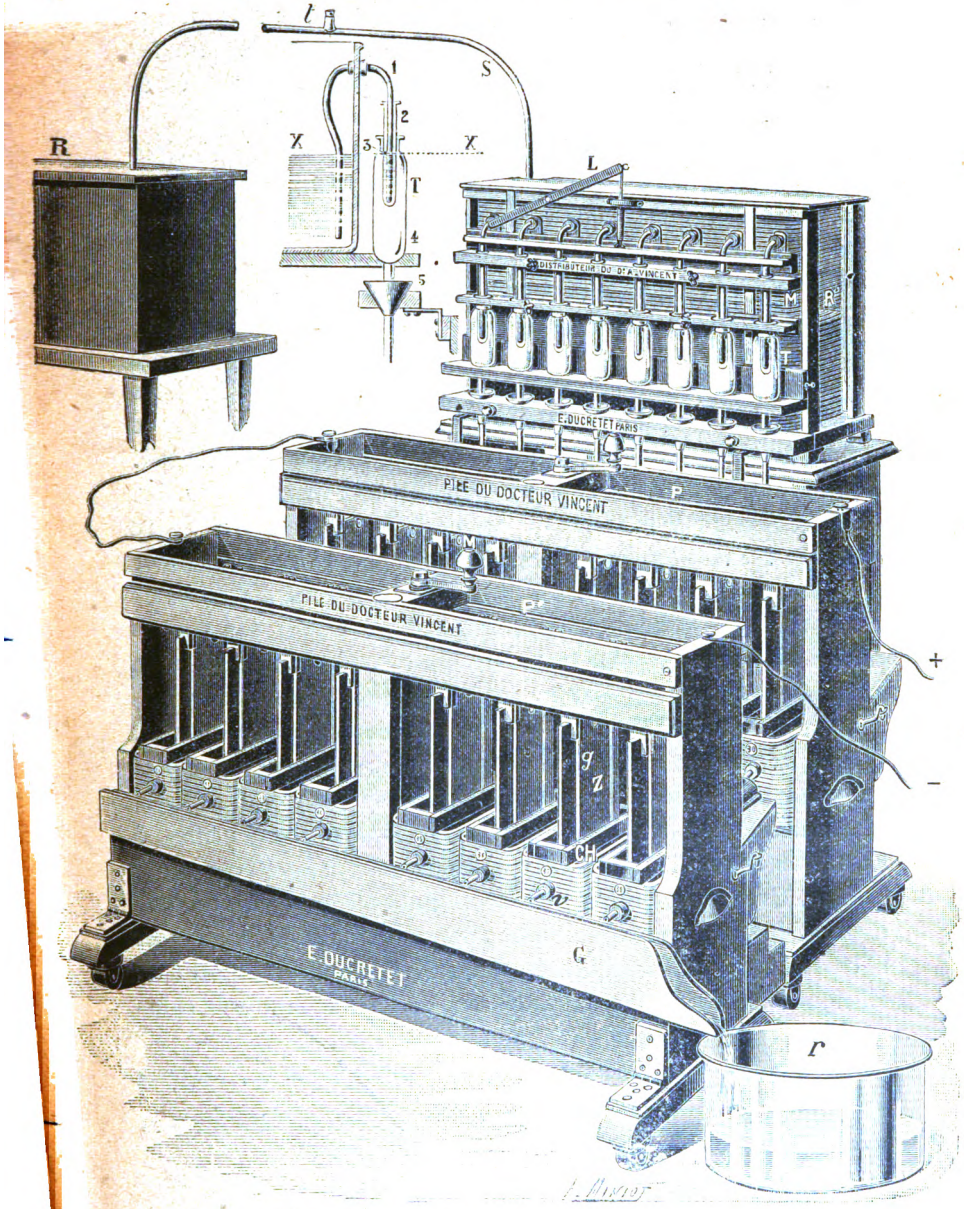


Fig. 14.—Pila y distribuidor del Dr. A. Vincent.

La fuerza electro-motriz de cada elemento es de 2 voltios, y la intensidad varía desde 5 amperios hasta 20, según el tamaño de los elementos y la cantidad de zinc que se introduzca en el líquido excitador.

El distribuidor de estas baterías está basado en el principio del equilibrio de los líquidos en los vasos comunicantes, como se ve en la figura 14; comprende: un recipiente *R'* taladrado en una de sus caras, á algunos centímetros del borde, por muchos agujeros (tantos como elementos); cada uno de estos orificios da paso á un sifón 1 cuya extremidad llega al fondo del recipiente *R'*; la otra extremidad paralela á la pared exterior de *R'*, está envainada en una probeta 2 que tiene un orificio 3. Estas probetas 2 están sostenidas por una plancheta *M* que se mueve merced á la palanca *L*, que la hace subir ó bajar á voluntad. La extremidad de la probeta 2 penetra en una alargadera 4 que recibe el líquido y lo vierte en un embudo de plomo 5. Estos embudos 5 están empotrados en una plancha unida al bastidor de la batería *P* y comunicando cada uno á uno de los elementos de *P*. Esta primera batería *P* no tiene canal; sus sifones vierten su líquido en una serie de embudos de plomo que están en su soporte movible detrás de la segunda batería *P'*, y comunicando cada uno con uno de los elementos de esta batería.

El aparato funciona del modo siguiente: si estando vacío el recipiente *R'* se vierte en él líquido, éste subirá por el sifón 1, se esparcirá por la probeta 2 y se derramará por el orificio 3 hasta que el nivel *XX* del líquido esté en el mismo plano que el orificio. Cuando se quiera introducir nuevo líquido en los elementos, bastará apoyar sobre la palanca *L*, haciendo descender la barra *M*, y, por consiguiente, llevar 3 por debajo del nivel *XX*. El líquido se distribuye, en este caso, en los elementos de la ba-

después de fría, añádase poco á poco el ácido sulfúrico, agitando constantemente con una varilla de cristal.

Para entretener la amalgama del zinc y conservarlo útil hasta su completo desgaste, añádase á la solución siguiente:

Bicloruro de mercurio.....	10 centígramos.
Agua.....	10 gramos.

tería *P*. Cuando se quiera suspender esta operación, se levantará la palanca *L*, que permanece en su posición de descanso por medio de un resorte. El líquido de la pila *P* pasará por los sifones, de sus elementos á los de la batería *P'*, y así sucesivamente.

El reservorio *R'* puede llenarse á mano cuando el trabajo que se pide á la pila es intermitente; pero para los trabajos largos ó continuos puede hacerse automáticamente por medio del recipiente *R*, que es un verdadero *vaso de Mariotte*.

Este aparato es un generador de electricidad, cuya actividad puede prolongarse mientras tenga zines de un modo indefinidamente prolongado, por medio de manipulaciones fáciles y limpias, y, como decíamos al empezar su descripción, es de gran utilidad en las localidades donde no haya canalización eléctrica.

IV. PILAS TÉRMO-ELÉCTRICAS.—En el año 1821 Seebeck demostró que si en un circuito formado de distintos metales soldados por sus extremos, se calienta una de las soldaduras, se produce una corriente eléctrica. La fuerza electro-motriz que desarrolla un par de este género, depende de la naturaleza de los metales que lo constituyen. Si se mantiene á una temperatura constante una de las soldaduras y se eleva progresivamente la temperatura de la otra, la fuerza electro-motriz crece progresivamente hasta llegar á un máximum, para decrecer, de igual modo, hasta bajar á un nivel inferior, produciéndose en este caso una inversión de la corriente.

De distintos metales se han construído los pares termo-eléctricos; como su fuerza electro-motriz es muy débil, hay que reunir un gran número de ellos. En general, se disponen en forma de una corona ó disco circular, con las soldaduras pares al exterior y las nones en el interior de la curva; sobrepónense un gran número de estas coronas, que se aislan ó separan entre sí por medio de unos discos de amianto. El conjunto forma un verdadero tubo, al interior del cual se puede dirigir gas del alumbrado ó cualquier otro inflamable.

Una pila formada de 120 ó 140 elementos, puede llegar á dar una fuerza electro-motriz de 8 voltios.

Estas pilas tienen la ventaja de no producir emanación de ninguna clase, y, por tanto, mal olor, ni viciar la atmósfera.

El modo de hacerlas funcionar es fácil: disponiendo de gas del alumbrado, no hay más que enchufar el tubo de la pila á otro de goma y éste con la llave del gas, teniendo la precaución de que sea expulsado el aire que contiene el aparato. Una vez que entra en función, no exige cuidado especial, y al cuarto de hora de haber empezado á calentarse comienza á dar fuerza electro-motriz constante.

Por su débil fuerza electro-motriz, estas pilas no prestan utilidad para excitar los enérgicos aparatos de inducción que empleamos; pero pueden prestar útiles servicios, y los alemanes las usan con frecuencia, para cargar los acumuladores; sin embargo, debemos hacer presente que son gravosas por el consumo de gas que exigen y necesitar mucho tiempo para la carga de una batería de acumuladores. Sólo á título de medio utilizable hemos mencionado estas pilas, que son transformadoras de la energía calorífica en energía eléctrica.

V. ACUMULADORES.—Los acumuladores, cuyo uso va extendiéndose cada vez más, gracias á sus constantes perfeccionamientos, deben su origen al estudio de los fenómenos electrolíticos hecho con el voltámetro (*). Los dos alambres de platino

(*) El voltámetro, así llamado porque sirve para medir las corrientes eléctricas, ha sido el primer aparato en que se ha verificado el fenómeno conocido con el nombre de *electrolisis;* se denomina *electrólito* el líquido que se somete á la descomposición, y *electrodos* los hilos de platino ó conductores, llamándose *positivo* ó *anodo* al de entrada, y *negativo* ó *catodo* al de salida de la corriente. Para que tenga lugar la electrolisis, es preciso que el agua del voltámetro esté acidulada, porque solamente las sales disueltas ó fundidas son capaces de sufrir la electrolisis, y al acidularse el agua, puede considerarse como una sal en que el hidrógeno hace el papel de metal.

El óxigeno, de la descomposición del agua, se acumula en el electrodo positivo y el hidrógeno en el negativo.

de un voltámetro, antes del paso de la corriente, están á un mismo potencial; pero desde el momento que se ponen en comunicación con los polos de una pila y pasa la corriente, inmediatamente se presenta una diferencia de potencial ó fuerza *electromotriz de polarización*, debida á que los electrodos ó hilos de platino se han polarizado.

Si suspendemos la corriente de la pila primaria y unimos los electrodos del voltámetro, inmediatamente se produce una nueva corriente en dirección contraria á la de la pila, que se denomina *corriente secundaria*, corriente que no se extingue hasta que los electrodos quedan á igual potencial, hasta que desaparecen los gases, causa de la polarización.

El primer acumulador utilizado fué la pila de Grove, constituída por un gran número de voltámetros.

Para producir la electrolisis y la polarización no basta emplear un solo elemento de poca fuerza electro motriz: es preciso emplear más de un elemento ó pila que dé lugar á una fuerza electro-motriz superior á 2 $^1/_2$ voltios.

La pila secundaria así constituída no resultaba de utilidad más que bajo el punto de vista de curiosidad experimental; pero Planté observó que utilizando, en vez de electrodos de platino como en el voltámetro, láminas de plomo de gran superficie, se conseguía formar pares secundarios cuya intensidad de corriente era infinitamente superior.

Acumulador Planté.—El acumulador de Planté está constituído por dos láminas de plomo arrolladas, y separadas una de otra por tiras de cauchout á fin de impedir el contacto. Dióles la forma arrollada con objeto de aumentar la superficie, y, por ende, la capacidad eléctrica.

Si al acumulador así formado se lo somete á la acción de una corriente primaria por medio de una pila de Bunsen, de bicromato ó de cualquier otra naturaleza, se observa la descomposición del agua como en el voltámetro, el hidrógeno se desprende, y sin producir acción se acumula alrededor del catodo, en donde es absorbido por combinación ú oclusión, sin desprendimiento; cuando el hidrógeno se desprende en forma de burbujas, es señal

evidente que la carga del acumulador ha terminado; el oxígeno se dirige al anodo transformándolo en un óxido superior de plomo.

Si después de haber cargado esta pila secundaria se suprime la corriente primaria y reunimos los dos electrodos por medio de un conductor, el hidrógeno reduce el peróxido de plomo en un óxido inferior, que forma, con el ácido sulfúrico que contiene el agua, un sulfato soluble. En cuanto al oxígeno que se desprende del anodo oxida el plomo, que con el ácido sulfúrico da sulfato soluble, produciéndose una corriente eléctrica en dirección contraria á la de carga.

Si nuevamente este acumulador se sòmete á otra corriente continua, ocurren iguales fenómenos, pero con mayor intensidad, porque la cantidad de óxido superior de plomo que se forma sobre el anodo es mucho más considerable que la vez primera, y como ya ha sido atacado anteriormente el plomo, la acción puede ser más profunda; así también en el catodo la capa de plomo que se ha producido por la reducción efectuada, toma una forma pulverulenta que facilita la acción química más que la superficie lisa de la placa en su primitivo estado. A su vez esta nueva carga puede dar una nueva descarga, y cuantas veces se repite la operación se suceden iguales reacciones, pero cada vez más enérgicas.

Esta serie de cargas y descargas *forman* el elemento.

Este modo de formación natural ha sido sustituído, por lo lento y costoso que resulta, por otros más rápidos y menos costosos.

Acumuladores Faure-Sellont-Volckmar.—Para evitar los inconvenientes del acumulador Planté han procurado estos autores, por una parte, llevar los óxidos de plomo ya formados y adosarlos á las láminas que forman los electrodos, aumentando la extensión de las superficies atacables, y de otra, disminuir el peso de las láminas de plomo, haciéndolas tan delgadas como lo permite el papel á que se destinan, es decir, á servir de medio de contención de los óxidos.

En resumen, se puede decir que todos los acumuladores se componen de un vaso ó recipiente de ebonita, vidrio ó porce-

lana, en el que pueden introducirse varias placas, siempre en igual número, positivas y negativas, en las que se han depositado previamente los mencionados óxidos; en el vaso se pone una disolución de ácido sulfúrico al 10 por 100, que cubra por completo las placas activas (fig. 15); las láminas metálicas deben

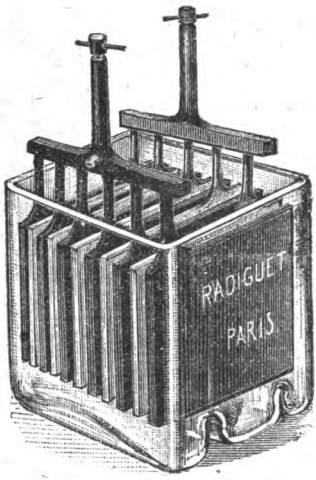


Fig. 15.—Acumulador fijo.

estar lo más próximas posible unas de otras para disminuir la resistencia, pero procurando que estén suficientemente aisladas, porque en el momento que hay el más ligero contacto la descarga se efectúa, y se interrumpe inmediatamente la marcha del acumulador.

El material de que se construye el vaso exterior debe ser de vidrio ó porcelana, desechándose la ebonita, porque después de un uso algo prolongado, se hace porosa y puede dar lugar al derrame del agua acidulada y á la destrucción del elemento.

El modelo de Radiguet que presentamos en la figura 15, es un buen modelo de acumulador fijo.

Las ventajas de los acumuladores sobre las pilas hidro-eléctricas son varias: en primer lugar tienen una constancia que

nunca se consigue con las pilas primarias, en las que disminuye progresivamente su intensidad; en segundo, la alta tensión de los acumuladores permite usar un pequeño número de elementos para conseguir grandes efectos; en tercero, porque no consumen materiales como las pilas; y, por último, los acumuladores tienen la ventaja de ser más fácilmente transportables.

La fuerza electro-motriz de casi todos los acumuladores es de $2^{v},5$.

Los acumuladores llevan señalados con signos (+ y —) cuál es la placa ó polo positivo y cuál la negativa, y en caso de que no estuvieran marcados, desde luego pueden distinguirse, porque la lámina positiva que se halla recubierta de peróxido de plomo, es de un color rojizo, mientras que la placa negativa, completamente negra, tiene el aspecto de un lápiz de plomo.

La intensidad de la corriente de carga que á cada acumulador debe darse, lo indican los constructores; dato que conviene tener presente, porque nunca se les debe dar una carga mayor que la que están destinados á recibir.

Instalación y carga de los acumuladores.—Deben colocarse en un local perfectamente seco, sin que se toquen los vasos exteriores, sobre zócalos de madera, y éstos separados del suelo por medio de aisladores de cristal ó porcelana.

Para cargar los acumuladores es preciso disponer de una corriente continua, ya sea la que dan las pilas hidro-eléctricas, la de las termo-eléctricas ó la corriente del alumbrado; pero siempre se tendrá presente que para que la carga tenga lugar, es necesario que la fuerza electro-motriz, ó sea el medio que se utilice, ha de ser superior á la fuerza contra-electro-motriz capaz de dar la batería de acumuladores; por lo tanto, teniendo en cuenta que la fuerza electro-motriz de cada elemento es de $2^{v},5$, será necesario emplear una corriente de 3 voltios por elemento; así es que si la batería de acumuladores está reunida en tensión, será preciso utilizar tantas veces 3 voltios como número de elementos tenga el acumulador: así, una batería de ocho elementos se cargará por una corriente continua que dé por lo menos una fuerza de 24 voltios.

Para que la carga se utilice bien, no debe ser ni muy fuerte ni muy débil, y el valor de ella depende también de la superficie de las placas; y como éstas son proporcionales á los pesos, los fabricantes tienen la costumbre de indicar el régimen de carga por kilogramo de peso.

Si se dispusiera de una corriente de poca fuerza electro-motriz y necesitáramos en cambio cargar una batería de acumuladores,

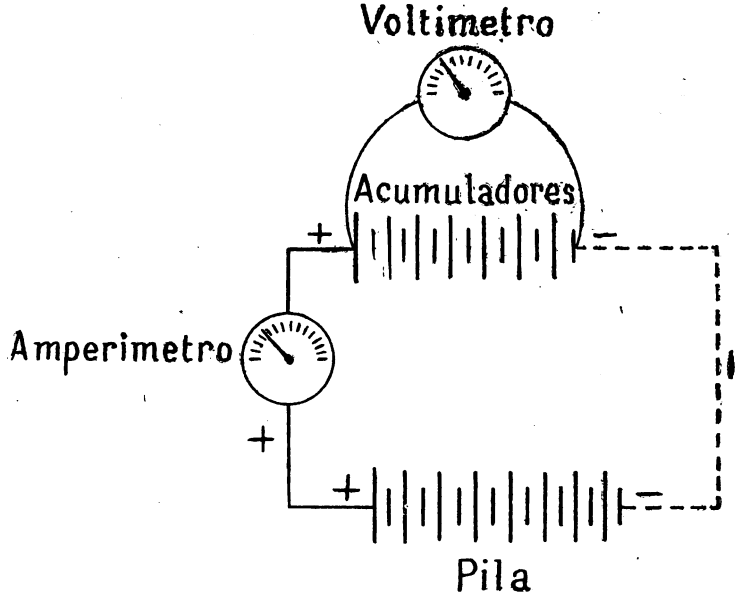


Fig. 16.—Esquema de la carga de acumuladores por medio de pilas.

podemos reunir éstos en cantidad, en cuyo caso basta una fuerza electro-motriz primaria de 3 voltios, porque equivale á convertir la batería constituída por varios elementos en uno solo; pero el inconveniente que tiene esta combinación es la de necesitar un tiempo larguísimo para la carga.

De lo dicho anteriormente se desprende que la placa positiva se une al polo positivo de la corriente primaria, y la placa negativa al polo negativo de la misma.

Para efectuar la carga es indispensable ayudarnos de ciertos aparatos auxiliares. Hace falta un interruptor de corriente; un reostato para intercalar resistencias, aumentando ó disminuyendo la intensidad de la corriente primaria; un amperímetro que nos mida las intensidades; un voltímetro que acuse la carga que tienen los acumuladores y un interruptor automático para el caso de que si disminuye la fuerza electro-motriz de la corriente primaria, se interrumpa la corriente y evite la descarga del acumulador sobre ella. Este último es indispensable cuando se emplea la corriente de los dinamos del alumbrado eléctrico.

Las resistencias pueden ser metálicas, en cuyo caso la carga del acumulador resulta, si se utilizan las corrientes de las dinamos, bastante gravosa, porque hay que disminuir el enorme voltaje que éstas tienen, hasta bajar al número exiguo de voltios que se necesita para cargar una batería de acumuladores de los que habitualmente empleamos. En este caso es preferible usar una resistencia de lámparas eléctricas que pueda utilizarse á la vez para el alumbrado de las habitaciones.

Empleando este último recurso resulta una pérdida de fluido que puede y debe evitarse. Para ello no hay más que sustituir las lámparas comunes por otras de un voltaje cuya diferencia sea igual al número de voltios que sea necesario para la carga de los acumuladores; más claro: si la corriente del alumbrado es de 110 voltios y los acumuladores que vamos á cargar necesitan una fuerza electro-motriz de 30 voltios, sustituiremos las lámparas corrientes de 110 voltios por lámparas de 80 voltios; á la par que conseguimos un buen alumbrado, se van cargando los acumuladores, resultando este procedimiento económico, sin que pueda considerarse de ningún modo un fraude para las Compañías eléctricas, puesto que el contador marcará la electricidad gastada, pero sin que perdamos una cantidad grandísima sin utilidad práctica y sólo con verdadero beneficio para las Compañías.

Con objeto de facilitar la comprensión del modo de cargar los acumuladores, adjuntamos los dos esquemas (figs. 16 y 17) para la carga por medio de pilas y por las corrientes del alumbrado.

Cuando la batería de acumuladores está cargada, nos bastará leer el voltímetro, que debe dar 2,5 voltios por acumulador, como ya hemos manifestado. Si pasamos de este número, la corriente se emplea sólo en descomponer el agua de los acumuladores, y entonces, á falta de voltímetro, comprenderemos que

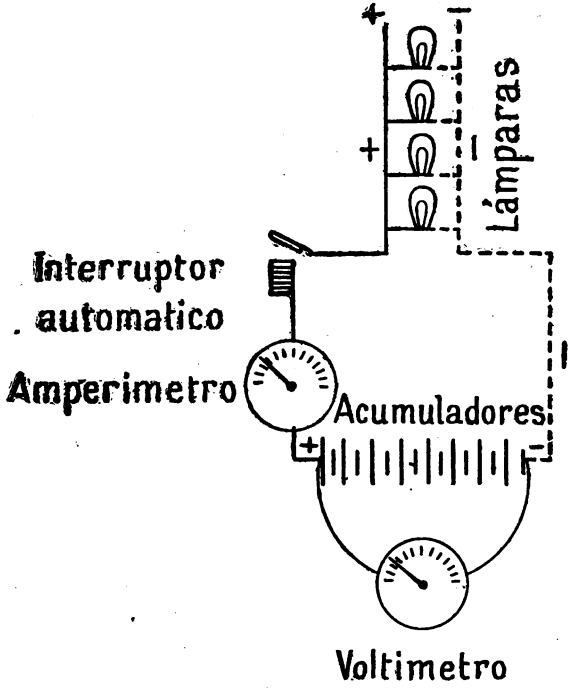


Fig. 17.—Esquema de la carga de acumuladores por medio de la corriente del alumbrado.

la carga está terminada por los borbotones que en el agua de los acumuladores se produce.

Para facilitar la carga y descarga de los acumuladores, además de los aparatos accesorios que ya hemos mencionado, se unen á colectores ó distribuidores, cuyos modelos varían hasta el infinito. Un excelente distribuidor es el representado en la

figura 15, en el cual los acumuladores ó grupos de ellos llegan á los bornes (formando colector) existentes en el distribuidor *D*. Por encima de cada agujero hay un número de orden indicando los elementos que corresponden á cada uno de ellos. Basta co-

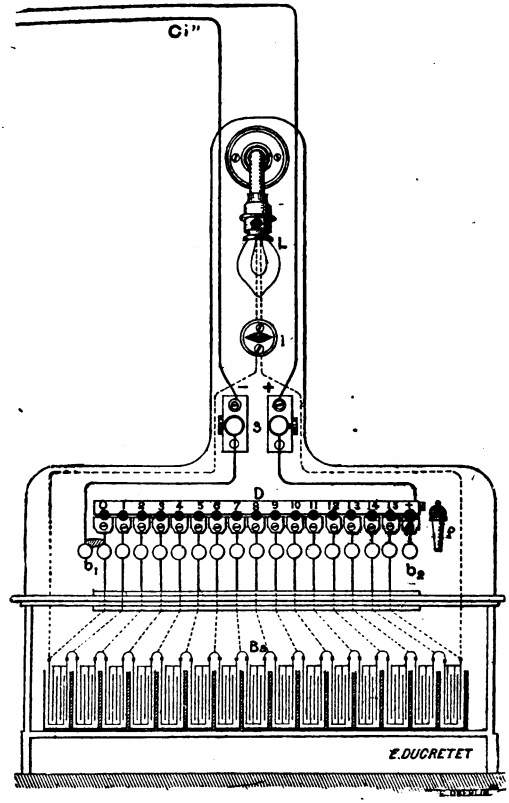


Fig. 18.—Esquema de un distribuidor de carga y descarga.

locar la ficha *P* en uno de estos orificios, para poner en servicio (carga ó descarga) el número de acumuladores necesarios. La lámpara de incandescencia *L* sirve para comprobar el estado y carga de los acumuladores según la claridad que da.

Descarga y rendimiento de los acumuladores.—Así como la car-

ga debe hacerse de un modo lento, tampoco se hará la descarga de un modo brusco.

La fuerza electro-motriz que recién cargado tiene un elemento, que ya sabemos cuál es, desciende lentamente hasta un límite que no se debe rebasar, que es el de 1,8 voltios, y cuando á él se llega debe procederse á la recarga de la batería. El modo de conocer que se ha alcanzado el límite de descarga, consiste en la interposición de un voltímetro que mida la fuerza electromotriz.

Toda la cantidad de energía almacenada en un acumulador no puede utilizarse en total. Cuando un acumulador es nuevo y recién cargado, puede dar un rendimiento de un 90 por 100; pero poco después desciende al 80 por 100, y conforme la carga va disminuyendo, el rendimiento es todavía menor. Si los acumuladores se usan durante mucho tiempo, de cuando en cuando será preciso cambiar ó renovar las placas positivas que se inutilizan por la disgregación del peróxido de plomo; en cambio las placas negativas nada sufren.

Para terminar cuanto se refiere á los acumuladores, diremos que pueden asociarse de igual modo que las pilas hidro-eléctricas, según el uso á que se destinen, siendo en un todo aplicable á ellos la ley de Ohm, de la cual nada repetimos por haber dejado expuesto los conocimientos que son necesarios en páginas anteriores.

CAPITULO IV

ELECTRICIDAD FARADIACA Ó DE INDUCCION

PRINCIPIOS FUNDAMENTALES

Faraday, en 1831, descubrió que las corrientes galvánicas y los imanes producían el desarrollo de otras corrientes en los conductores próximos, y las denominó *corrientes inducidas* ó *de inducción.*

Todo conductor colocado en un campo eléctrico ó magnético es objeto de fenómenos de inducción, los agentes que los producen se llaman *inductores,* y pueden desarrollarse por la acción de las corrientes, por la de los imanes, por la de la tierra (considerada como un imán) y por la de una corriente sobre su propio circuito; pero para que las corrientes de inducción tengan lugar, es preciso que haya variación en el campo eléctrico ó magnético.

Las corrientes que se originan son instantáneas y no se manifiestan más que en el momento en que la corriente productora comienza, se interrumpe, crece, disminuye, se aproxima ó se aleja.

Las corrientes inducidas pueden tener la misma dirección que la corriente productora ó ser de dirección contraria á ella. En el primer caso se llama la corriente *inducida directa,* y en el segundo *inducida inversa.*

Veamos, según las condiciones en que se desarrollan las corrientes de inducción, la dirección que toman las inducidas.

Cuando una corriente comienza, es decir, cuando se cierra el circuito productor, se desarrolla en el conductor una corriente

inducida inversa; al terminar la corriente, al romperse el circuito, se origina una corriente de inducción directa.

Si aumenta la intensidad de la corriente inductora, la inducida es inversa; si, por el contrario, aquélla disminuye, la corriente inducida será directa.

Al aproximarse al conductor un circuito cerrado, la corriente que en aquél se desarrolló es inversa; si, por el contrario, se aleja la corriente, es directa.

Cuanto acabamos de decir de las corrientes inducidas provocadas por la acción de otras corrientes, podemos referirlo á los imanes, que se conducen con respecto á los conductores de igual modo, y lo mismo respecto á la tierra, al considerar á ésta como un inmenso imán, aunque hipotético, que produce un campo magnético.

Sólo resta por examinar la acción que una corriente ejerce sobre su propio circuito.

Si consideramos una pila galvánica formando parte de un circuito metálico, al romperse éste se observa, entre las dos extremidades del hilo, una chispa debida á una corriente de inducción que se denomina *extra-corriente,* que es del mismo sentido ó dirección que la corriente de la pila, y, por lo tanto, que añade su efecto al de la corriente primaria. Al cerrar este mismo circuito se produce otra *extra-corriente,* no tan sensible ni intensa como la que acabamos de examinar, debido á que siendo de dirección contraria á la corriente primaria, neutraliza en parte sus efectos disminuyendo la intensidad de la corriente inductora.

Siempre que nos refiramos á la corriente de inducción, lo haremos no refiriéndonos á circuitos rectilíneos, sino á circuitos formados por *bobinas* ó *carretes.*

Los efectos de las corrientes de inducción pueden resumirse en el principio siguiente: cuando un hilo conductor se mueve en un campo eléctrico ó magnético variable, hay producción de una corriente inducida, cuya fuerza electro-motriz es proporcional á la intensidad de la parte del campo que sobre él actúa, á la velocidad del movimiento, y á la longitud del hilo en que se produce la corriente. Este principio puede formularse si se

llama E la fuerza electro-motriz, I la intensidad del campo magnético, L la longitud del conductor, y V la velocidad del movimiento, como sigue:

$$E = ILV.$$

No entramos en la descripción detallada de los diversos aparatos *volta-faradicos*, *magneto-faradicos* y *dinamo-eléctricos* que suministran las corrientes de inducción, describiendo solamente las bobinas de Ruhmkorff y sus derivadas, por ser las utilizables en Radiología.

II. CARRETE DE RUHMKORFF.—Ruhmkorff fué el primer físico que construyó carretes (*) dando efectos de tensión notable.

Desde el año 1851 en que dió los primitivos carretes de inducción, pocas ó escasas han sido las modificaciones que han sufrido; las variaciones y perfeccionamientos alcanzados han sido variantes, exclusivamente en el modo de interrumpir las corrientes primarias y en pequeños detalles de construcción, para conseguir mayor tensión.

Cuatro órganos principales entran en la construcción de todos los carretes: los dos carretes inductor é inducido, el condensador y el interruptor. Los carretes se componen, de dentro afuera, de un núcleo de hierro dulce que generalmente está formado por un número mayor ó menor de alambres (fig. 19) C; este núcleo se halla envuelto por un aislante, ya de madera ó de ebonita, alrededor del cual se arrolla un hilo grueso y corto B, que constituye el hilo primario ó carrete inductor, el cual también se aisla por un medio cualquiera, y sobre el aislador se arrolla un nuevo hilo, pero muy fino y muy largo, que en algunos aparatos

(*) Aun cuando la palabra *carrete* es poco usada por los electricistas, que emplean con más frecuencia el vocablo *bobina*, emplearemos generalmente aquélla, por no estar esta última palabra consignada todavía en la última edición del *Diccionario de la Real Academia Española*.

alcanza muchos kilómetros de longitud, el cual forma el carrete secundario ó inducido B'.

Las espiras que constituyen este carrete están arrolladas en capas sucesivas perpendiculares al eje y perfectamente aisladas unas de otras.

Cuando los carretes son de grandes dimensiones y han de tener una longitud de hilo considerable para dar fenómenos de tensión muy intensos, es preciso variar la disposición de este modo de arrollar los carretes inducidos, disponiéndolos en for-

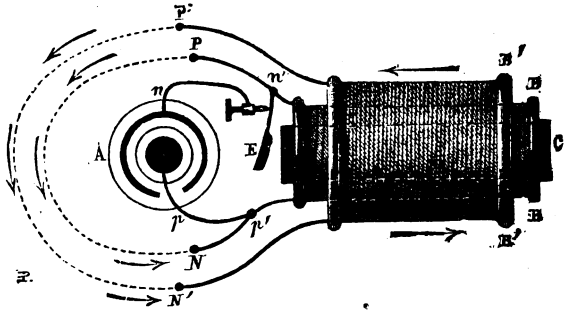


Fig. 19.—Esquema de un carrete de inducción.

ma de galletas ó discos, separados unos de otros por medio de tabiques aisladores, pero unidos en tensión cada uno con el inmediato (*). De este modo, aun cuando el potencial crezca considerablemente de una extremidad á otra del hilo, jamás existe una diferencia tan grande entre dos capas próximas que se produzca la chispa, que de otra manera podría tener lugar ocasionando la rotura ó fusión del alambre, y, por tanto, la inutilización del carrete.

El carrete primario B hay que unirlo á la pila productora de la corriente; pero como ya sabemos que si no hay variación en la intensidad de la corriente, los fenómenos de inducción no tie-

(*) Cuando se construyen los carretes de esta manera, se llaman tabicados.

nen lugar, es preciso acudir á un mecanismo que interrumpa la corriente primaria. A este efecto se intercala en el circuito primario el martillo *E*, que al ponerse en contacto con el yunque que existe en el hilo *n*, cierra el circuito estableciendo la corriente, y además se origina la imanación del núcleo *C*, y posteriormente su desimanación consecutiva; este cierre é interrupción se repite tan de continuo como lo permite la elasticidad del fleje ó lámina *n' E*, dando lugar al paso ó interrupción de la corriente en el circuito primario, y, por lo tanto, al desarrollo de una corriente de inducción en el segundo carrete *B'*. El núcleo de hierro central coadyuva, por sus imanaciones interrumpidas, al aumento de la intensidad de estas corrientes.

Los carretes de gran tamaño, que son en general los usados por el radiógrafo, tienen colocado en derivación en el mecanismo del interruptor ó temblador, un *condensador* de *Fizeau*, á fin de evitar los inconvenientes de la extra-corriente que se condensa en él en forma de electricidad estática, y evita los perjuicios que para el buen modo de funcionar del interruptor y de la bobina tiene la presencia de la *extra-corriente*. Estos condensadores generalmente van contenidos en el zócalo que sostiene las bobinas de inducción.

Los carretes de inducción dan mayor ó menor intensidad, según el principio de Faraday antes indicado, con arreglo á la longitud mayor ó menor del hilo del carrete inducido, que en algunas llega á alcanzar muchos kilómetros. El del Instituto Politécnico de Londres, cuyo carrete inducido tiene 241 kilómetros de longitud, da una chispa de 74 centímetros de gran densidad.

Por lo tanto, según los efectos que deseemos, habrá que elegir aparatos de mayor ó menor tensión. Esta generalmente se mide, por los constructores, según el número de centímetros de chispa que puede dar entre sus polos el carrete.

Llámanse *polos* de la bobina de inducción (á pesar de que las corrientes son alternas en su dirección) las extremidades del hilo del carrete inducido.

Gran variedad de modelos existe de bobinas utilizables para

la Radiografía, y el enunciado de todos ellos nos llevaría á una extensión muy distinta de la que nos proponemos.

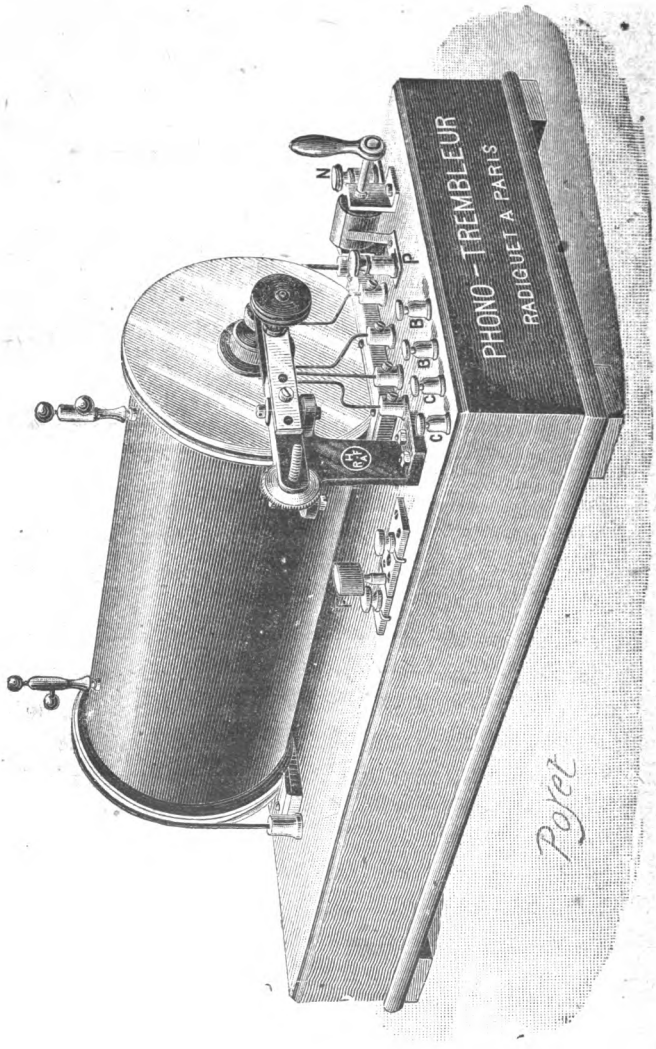


Fig. 20.—Carrete de inducción de 25 centímetros de chispa, modelo Radiguet, que permite utilizar cualquier otro interruptor.

III. DIVERSOS MODELOS DE CARRETES. — *Carrete Radiguet.* — La necesidad ya indicada de aislar perfectamente los

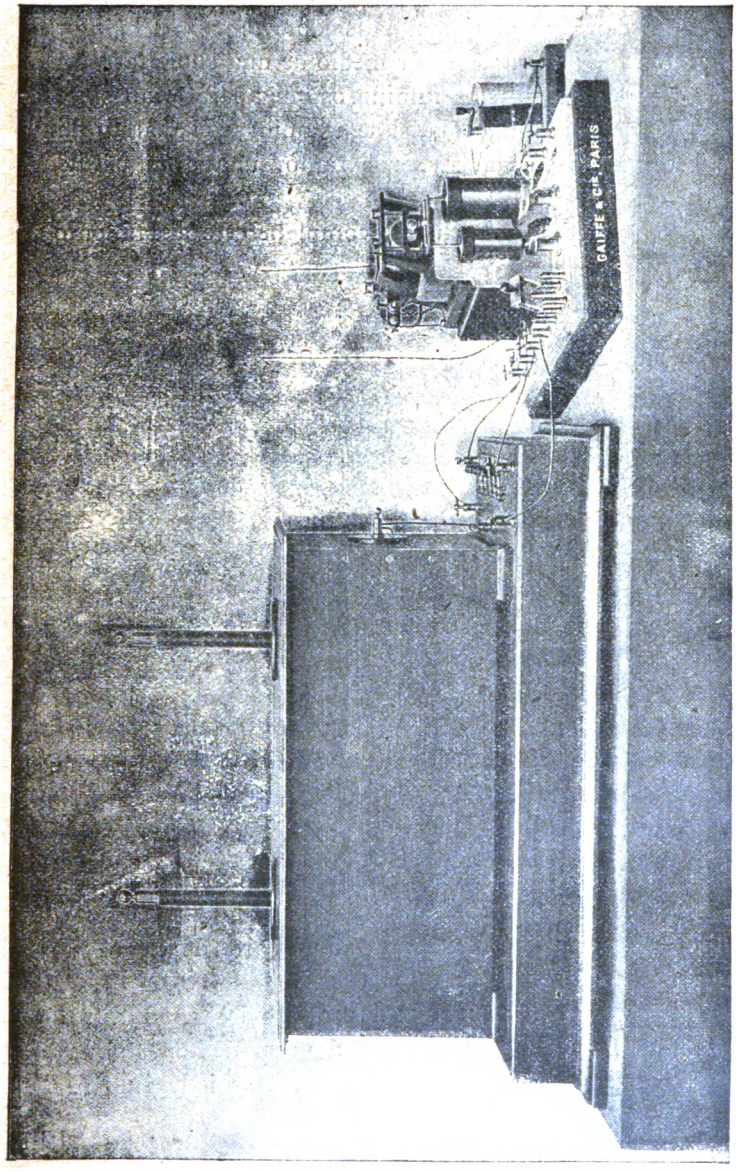


Fig. 21.—Carrete de inducción de 35 centímetros de chispa, modelo Gaiffe, con interruptor de mercurio independiente.

carretes ó bobinas, ha hecho que los constructores rodeen á éstos de una capa completamente aisladora, como en la figura 22 se ve: aislada del exterior por medio de una cubierta de ebonita, se evitan los efluvios luminosos que aparecerían por todas partes en la bobina inducida, si se examinase el aparato funcionando en la obscuridad, y, por tanto, una gran pérdida de tensión.

En otros modelos, Radiguet completa este aislamiento su-

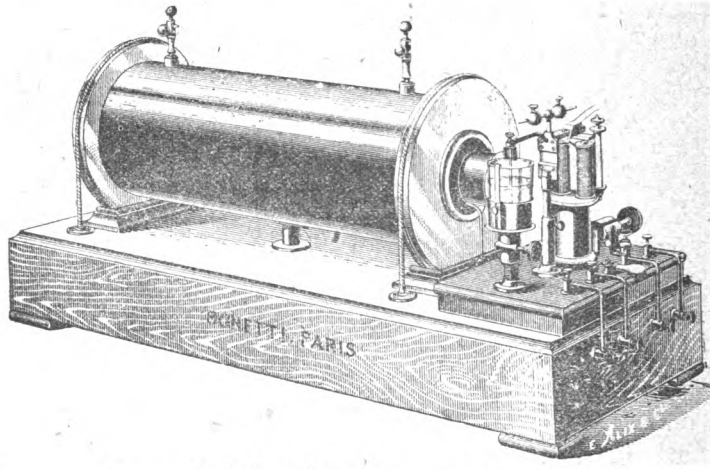


Fig. 22.—Carrete de inducción de 35 centímetros de chispa, modelo Bonetti, con interruptor Foucault.

mergiendo la mitad inferior de la bobina en parafina. El condensador que se halla colocado en el zócalo del aparato lleva clavijas que permiten intercalar todo ó parte de él, según los efectos que se deseen.

En la figura 20 el carrete está provisto del fono-temblador y un inversor Ruhmkorff, pudiendo, á pesar de tener este temblador, sustituirlo por cualquier interruptor independiente del aparato.

Carrete Gaiffe.—La bobina que representa la figura 21 es un carrete Gaiffe de 35 centímetros de chispa, en que para me-

jor aislarlo está todo él sumergido en parafina, con lo cual se evitan por completo las pérdidas. Emergen solamente al exterior los bornes ó polos de la bobina. Está provista la bobina de un interruptor de mercurio que adelante describiremos.

Carrete Bonetti (fig. 22).—Es una bobina bien construída con interruptor de Foucault, dispuesta para usarse incluso con las corrientes del alumbrado, siendo de lamentar que además de su cubierta de ebonita y los cristales que forman los extremos ó bases de la bobina, no esté sumergida completamente en una masa aisladora, sin que por esto dejemos de considerar la bobina como muy aceptable.

Carrete Ducretet (fig. 23).—Este aparato de inducción está encerrado en una caja enteramente llena de una materia muy aislante y de mucho espesor, consiguiendo de este modo gran rendimiento y evitar los escapes de fluido, á la vez que el peligro

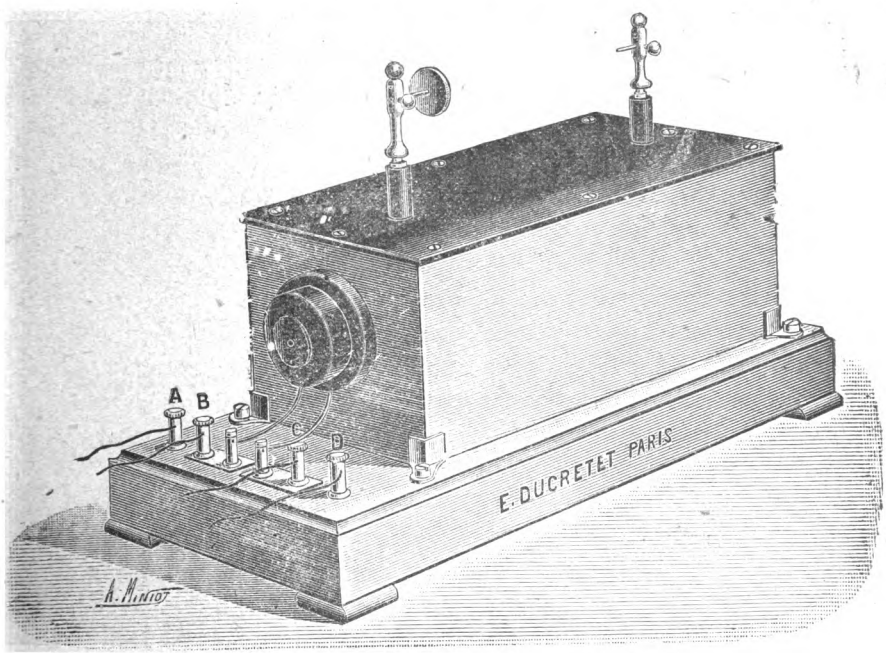


Fig. 23.—Carrete de inducción, modelo Ducretet.

de deteriorarse. Es á la vez de una gran solidez, lo que permite, que á pesar de su enorme peso, sea transportable.

Hállase provista de un condensador eléctrico fijo; condensador que es mayor ó menor según la intensidad de la bobina, pudiendo hacer variar, en casi todos los modelos de este autor, la capacidad por medio de un colector de manecillas que agrupa, según se quiera, el número de fracciones en que se halla dividido el condensador.

III. INTERRUPTORES.—Ya se ha indicado la importancia que en la marcha de las bobinas tiene el interruptor de la corriente primaria.

Primitivamente no se utilizaba otro que el descrito de martillo, el cual tiene el inconveniente, en las bobinas potentes, de que la oscilación rápida del temblador hace que la atracción producida por el núcleo de hierro dulce se verifique antes de haber terminado el período variable de la corriente primaria, y, por lo tanto, sin haber llegado esta corriente á su período, es decir, á la iniciación del período permanente, de lo cual resulta una pérdida que no deja alcanzar á los carretes provistos de esta clase de interruptores, la intensidad que debieran tener. Foucault remedió en gran parte el inconveniente de las láminas vibrantes por medio de su interruptor de mercurio.

El interruptor de Foucault (véase fig. 22) tiene un movimiento de vaivén mantenido por una pila, un electro-imán y un interruptor independiente; en la extremidad de la palanca en que se verifica este movimiento, hay un vástago que termina en una punta de platino, que entra en el mercurio contenido en un vaso; el cierre y rotura del circuito se verifica por los contactos y separaciones sucesivas de esta punta de platino con el mercurio; sobre el mercurio contenido en el vaso, se echa una capa de alcohol ó de petróleo, con objeto de disminuir la explosión de la chispa, que sería mayor si se verificara en el aire.

Este interruptor significa un verdadero progreso. De algunos años á esta parte, é indudablemente debido á las exigencias

cada día mayores de la Radiografía, se han ideado multitud de interruptores que, en general, todos son más perfectos que los ya indicados.

Prescindiremos de entrar en detalles de muchos de ellos, y haremos una selección de los de mayor utilidad. Pueden dividirse en tres grupos, como derivados casi todos ellos de los anteriormente mencionados: en interruptores derivados del antiguo de martillo, derivados del de Foucault, y, por último, la moderna creación de los interruptores electrolíticos.

Interruptores derivados del antiguo de martillo ó tembladores. Fono-temblador Radiguet.—Este autor, á fin de evitar el princi-

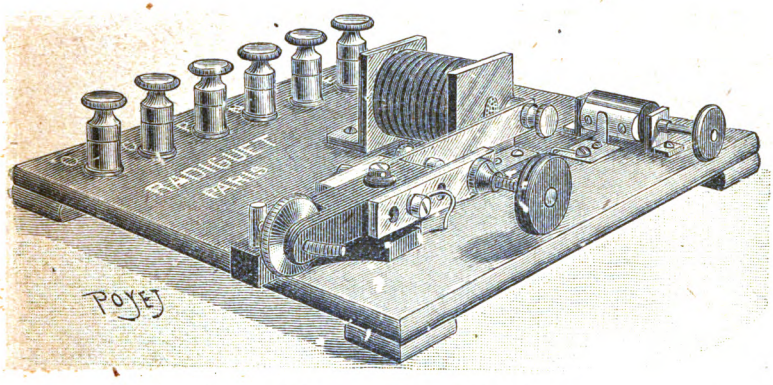


Fig. 24.—Fono-temblador Radiguet.

pal inconveniente de los tembladores anteriormente utilizados, que se regulaban para una intensidad determinada sin que durante la marcha del aparato pudiera modificarse, ha ideado el modelo figura 24, que se regula durante la marcha con gran precisión, pudiendo emplear piezas metálicas de diferente peso en el martillo: las más pesadas, cuando se quiere conseguir menor intermitencia, y las más ligeras, cuando se desean intermitencias rápidas; los contactos de platino están montados por medio de tuercas que permiten, sin necesidad de acudir á los constructores, renovarlas fácilmente. Tiene una ventaja que no

es despreciable, cual es la de funcionar sin ruido; sin embargo, no debe emplearse el fono-temblador cuando se empleen intensidades superiores á 5 amperios.

Temblador de contactos de cobre Radiguet.—Este nuevo interruptor de Radiguet (fig. 25) está formado por un vástago de

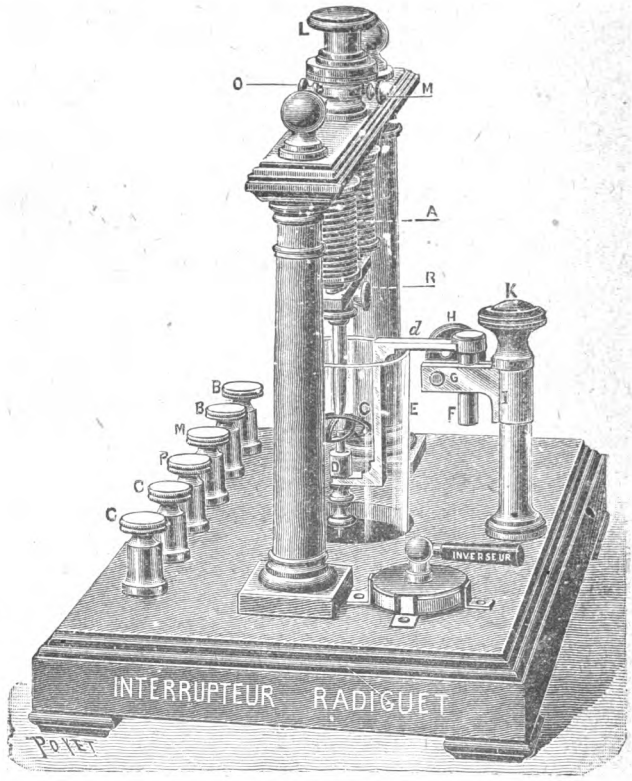


Fig. 25.—Interruptor Radiguet de contactos de cobre.

cobre que termina en una armadura de hierro dulce, provisto de un resorte antagonista, y colocado bajo un potente electro-imán intercalado en el circuito primario. Cada vez que la corriente pasa la imanación del hierro dulce, eleva el vástago que desciende por la acción del resorte, produciéndose un movimiento al-

ternativo que determina las interrupciones del circuito primario. El vástago de cobre, cada vez que baja, poniéndose en contacto con una lámina del mismo metal, cierra el circuito. Con el botón *B* se da más ó menos tensión á los resortes, lo cual hace prolongar ó disminuir el contacto.

Las piezas de contacto van contenidas en un vaso de cristal que se llena de petróleo ordinario, para hacer más lento el desgaste de los contactos de cobre.

Tiene este interruptor la ventaja de estar accionado por la corriente misma de la bobina, lo que evita las molestias de un motor especial para ponerlo en marcha; los resortes de este aparato pueden cambiarse; según las corrientes eléctricas que se empleen, variará el espesor de los resortes que deban usarse. Cuando la pieza inferior de cobre se encuentre demasiado desgastada, como gira alrededor de un eje, puede variarse de dirección, y en este caso el vástago movible de contacto herirá en otro sitio á la pieza de contacto inferior; cuando se ha gastado por completo, debe destornillarse y reemplazarla por otra nueva; conforme se consume el tallo, bastará alargarlo haciendo uso del tornillo *R;* y por último, cuando el petróleo se hace demasiado espeso, hay que renovarlo.

La ventaja inmensa de este aparato es que funciona con las corrientes directas del alumbrado á 110 voltios, lo mismo si son continuas que alternativas, sin necesidad de utilizar otros aparatos.

Cuando se utilizan las corrientes continuas, debe destornillarse el botón *M* y girar en un ú otro sentido la pieza de ebonita *L;* cuando se ha obtenido la conveniente distancia, se aprieta el botón *M;* moviendo el tornillo *H* se hace mover ligeramente la escuadra *D* y la pieza de cobre *C*. Dispuesto todo así, puede ponerse el aparato en función, y una vez establecida, se perfecciona la rapidez de la marcha por medio del tornillo micrométrico, el cual permite, por la tensión que da al resorte de la pieza *C*, arreglar muy exactamente la intensidad de la corriente. Cuando se quieran interrupciones lentas, se da á *C* más longitud por medio del botón *L*.

Algo más enojoso es el arreglo del interruptor cuando se utilizan las corrientes alternativas, porque en este caso hay que hacer intervenir una débil resistencia en el circuito de la corriente primaria; pero son pequeñas dificultades que la práctica soluciona fácilmente.

Interruptor Contremoulins-Gaiffe.—Un nuevo modelo de interruptor, que obedece también al principio de los que estamos estudiando, es el nuevamente construído por la casa Gaiffe, y es quizás el más útil en los momentos actuales.

La descripción que de él hace el mismo Gaiffe es como sigue:

(*) Si la rueda de Masson no hubiese presentado algunos defectos importantes, hubiese sido la forma de interruptor adoptada desde el principio; desgraciadamente era indispensable hacerla funcionar á mano, los motores estaban en la infancia, las frotaciones de las escobillas sobre la rueda eran rudas, y desde el momento en que la bobina era un poco grande, las chispas de la extra-corriente de ruptura quemaban el colector y las escobillas, poniendo rápidamente el aparato fuera de uso.

No se tenía la precaución de poner este interruptor en un líquido aislante para hacer la ruptura más brusca, y los arcos formados por la chispa de ruptura eran todavía más conductores por la presencia del vapor de cobre que impedía la interrupción.

Este asunto, estudiado nuevamente por el Dr. Arsonval y Gaiffe hace algunos años, demostró claramente que si se ponía este interruptor en el agua, petróleo ó alcohol, funcionaba inmediatamente tan bien como se pudiera desear, por lo menos, durante los primeros instantes. Después los rozamientos se producían, el interruptor y su escobilla se quemaban, y era preciso reponerlo todo de nuevo para volver á empezar.

La cuestión estaba en este punto, cuando M. Contremoulins tuvo la idea de reemplazar el frotador metálico por una escobilla de carbón; inmediatamente el aparato funcionó sin intermitencias (fig. 26).

(*) *Annales d'Electrobiologie.*

En principio, el aparato se compone de un tubo de cobre rojo dividido en dos mitades en su eje longitudinal. Estas mitades están aisladas una de otra y del eje sobre que están fijas. Dos sistemas de escobillas independientes, mantenidas por vástagos, flotan en este colector. La corriente llega á uno de los porta-escobillas, cuyo carbón flota sobre la superficie de este colector de dos secciones. Se concibe fácilmente que no saldrá

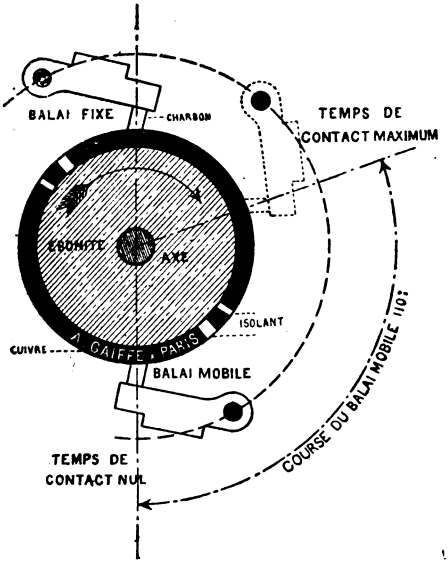


Fig. 26.—Esquema del interruptor Contremoulins-Gaiffe.

por el otro vástago la corriente más que cuando los dos sistemas de escobillas estén sobre una misma mitad del colector.

Hágase girar el colector: si suponemos uno de los porta-escobillas móvil que pueda desplazarse siguiendo un círculo que tenga por centro el eje del interruptor, se ve que si se inclina este último 180° con relación al otro, el tiempo de contacto será casi nulo, y, por consiguiente, el tiempo de paso también, y, por tanto, la corriente insignificante; si el aislamiento entre las dos mitades del colector tiene anchura superior al espesor de

los carbones frotadores, la corriente será nula. Si se aproximan los porta-escobillas, es evidente que el tiempo de contacto, y, por consiguiente, el tiempo de paso de la corriente, irá aumentando para llegar á un máximo en el momento en que los frotadores estén colocados sobre una misma línea vertical. Así se arregla el tiempo de paso de la corriente, y, por consecuencia, la intensidad de ella en la bobina que se emplea.

Algunos detalles son necesarios.

El aparato en conjunto consta (fig. 26):

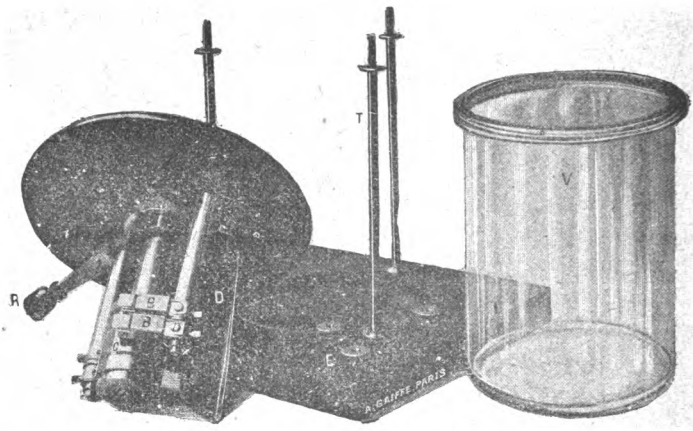


Fig. 27.—Interruptor Contremoulins-Gaiffe, desarmado y sin accesorios, para ver las piezas de que se compone.

1.º De un vaso de vidrio conteniendo el líquido aislante (petróleo generalmente).

2.º Soportada por tres columnas, por encima del vaso y sin tocarle para poder reemplazar este último sin dificultad, una tapa de ebonita que tiene:

a) El porta-escobillas fijo y unido á un borne *B*, un soporte en el centro del cual rueda el eje del interruptor; este eje está provisto de una polea que permite accionarla por un motor cualquiera. En este soporte, y debajo de la cubierta de ebonita, se halla sujeta por su centro una pieza terminada en un mango

que lleva la escobilla movible. Esta pieza puede moverse entre dos columnas soportes, de modo que puede hacer próximamente 120° de carrera, de los cuales 10 próximamente para la porción en que las escobillas no comunican, y 110 para el resto. Se ve que el tiempo de paso para la corriente puede arreglarse tan exactamente como sea necesario.

Este interruptor nos ha dado los resultados siguientes:

Bobina dando la chispa en el aire.—A toda velocidad se puede hacer variar la longitud de la chispa de una bobina de 35 centímetros, desde algunos milímetros á su longitud total, por la simple graduación de la posición de la escobilla movible, sin interposición de resistencia ninguna á cualquier voltaje entre 50 y 110 voltios. Hemos llegado hasta 160.

El número de chispas visibles es de 8 á 10 á la vez, y como la persistencia de la luz en la retina es de un $\frac{1}{10}$ de segundo, hay de 80 á 100 interrupciones por segundo, ó sea de 5.000 á 6.000 por minuto.

Aumentando la corriente, las chispas acaban por reunirse en una sola en forma de haz, teniendo completamente el aspecto de las chispas de un Wenhelt, pero con 33 centímetros de chispa en lugar de 20 á 25 que le da el Wenhelt y con un consumo menor, de 5 á 8 amperios, en lugar de 15 á 18.

Teniendo la bobina colocada directamente sobre el voltaje, sin interposición de un reostato, hemos tenido con 110 voltios y el interruptor funcionando á toda velocidad:

0,05 de chispa, sin poder leer la desviación del amperímetro.

0,35 de chispa con 2,5 amperios.

0,35 centímetros de chispa en forma de haz con 4,75 amperios.

Si, por el contrario, regulamos la corriente por un reostato, estando el interruptor en la posición en que la corriente pasa mayor tiempo, las intensidades son:

A 35 centímetros de chispa, 5 amperios.

A 35 centímetros de chispa en forma de haz, 6,5 idem.

El resultado es muy interesante bajo el punto de vista del consumo. Es necesario operar sin reostato en todas las aplica-

ciones en que la bobina trabaja al aire libre, como en Radiografía ó Radioscopia, por ejemplo; pero si se cierra la corriente en corto circuito por un condensador de alta frecuencia, entonces es necesario dejar una pequeña resistencia fija en serie con el inductor.

La figura 28 demuestra el interruptor completo con todos sus accesorios. Sobre una peana se halla montado un motor eléc-

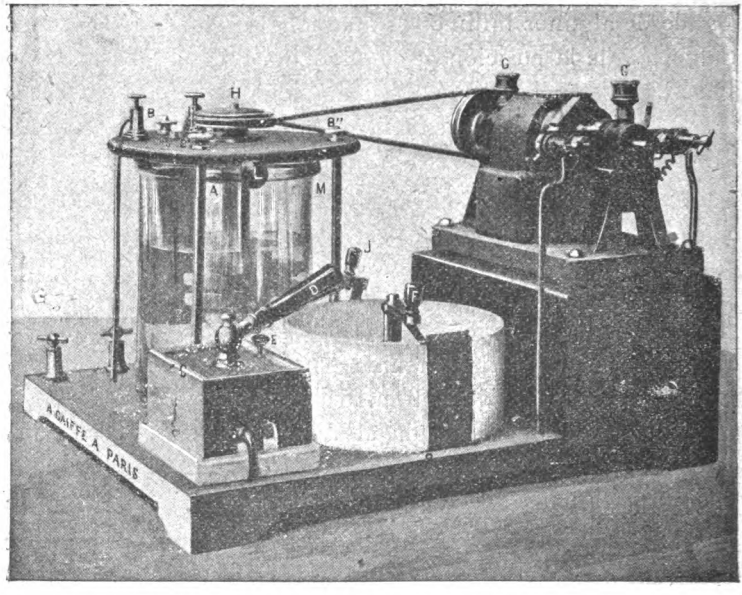


Fig. 28.—Interruptor Gaiffe completo.

trico que sirve para el movimiento del interruptor, un reostato para arreglar el número de interrupciones, un interruptor especial, el inversor de corriente y los bornes necesarios para unir el interruptor á la corriente, al condensador y al reostato exterior.

Las ventajas que en Radiografía presenta este interruptor, es la de poderlo utilizar con toda clase de corriente, consumir me-

nos y producir la iluminación de los tubos sin intermitencias para la Radioscopia.

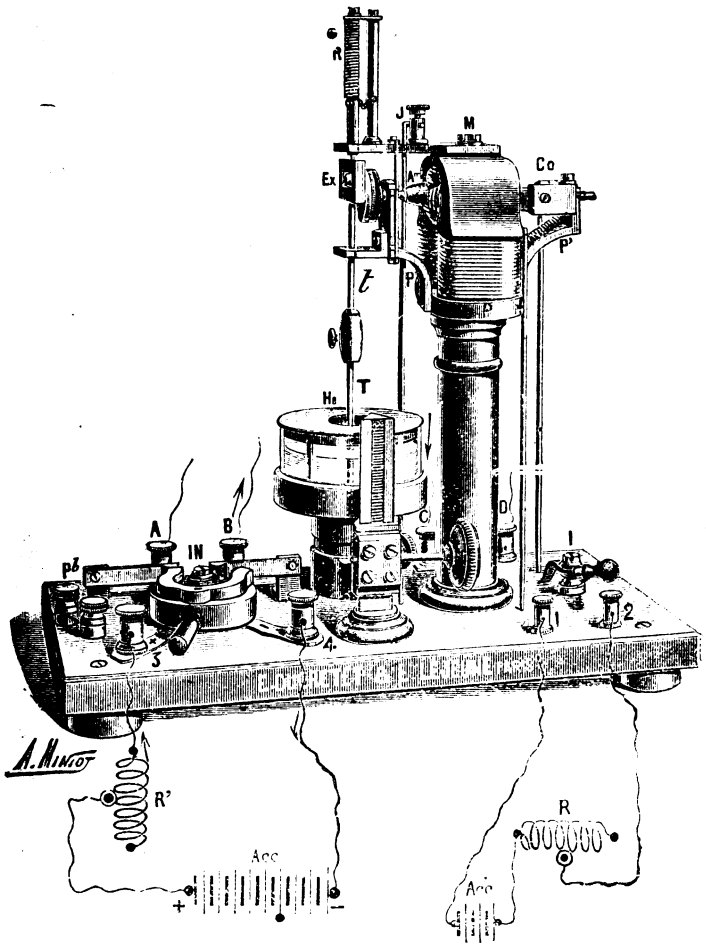


Fig. 29.—Interruptor de mercurio de Ducretet.

INTERRUPTORES DE MERCURIO DERIVADOS DEL DE FOUCAULT. —*Interruptor de Ducretet.*—El aparato figura 29, construído por Ducretet, consta de un zócalo de mármol en el que hay una

columna que sostiene el dinamo que da movimiento al vástago T que ha de verificar la interrupción. Por medio de un ingenioso procedimiento análogo al de las máquinas de coser, se transforma el movimiento rotatorio del dinamo en movimiento rectilíneo. El vaso de mercurio *Hg* es de una forma especial, cuya parte estrecha es la que se llena de mercurio hasta 10 ó 15 milímetros de altura por encima de su unión con la parte ancha del vaso, y en ésta se coloca alcohol ó petróleo hasta unos dos centímetros del borde. El vaso está cubierto por una tapadera niquelada, para evitar la proyección del líquido del interruptor, y montado en una cremallera que por medio de un tornillo gradúa la mayor ó menor introducción de la varilla ó tallo T aun durante la marcha de la bobina. El reostato *R* (fig. 29) permite variar la velocidad del motor *M* en límites muy extensos; á la velocidad de 250 vueltas por minuto el motor absorbe 0,6 amperios; para rapidez mayor como la necesaria en Radioscopia, que puede llegar hasta 800 vueltas por minuto, la corriente consume 6 voltios y un amperio. Lleva además en el zócalo un interruptor *I* que deja paso á la corriente que actúa sobre el motor, un inversor *IN*, de Bertin, y en *PB* un plomo fusible para evitar los deterioros consiguientes.

Interruptor motor modelo Gaiffe.— Los *Archives d'electricité Medicale* al dar cuenta de este aparato (fig. 30), dicen lo siguiente: «La gran ventaja de este interruptor es la de permitir un número de interrupciones tan variable, que puede llegar á 3.000 por minuto; por otra parte, el movimiento vertical con que se establece el contacto, impide al mercurio proyectarse fuera de los vasos; los contactos, bajo el punto de vista eléctrico, son excelentes, porque en el vaso pequeño el vástago no se separa del mercurio, y la interrupción no se produce más que en el vaso grande en que la superficie del mercurio está cubierta de petróleo.»

El motor empleado es el modelo Gaiffe industrial de 6 kilográmetros; estos motores se construyen para funcionar á 16, á 40 y á 110 voltios.

Debemos llamar la atención sobre el hecho de que el contac-

to tiene lugar por un doble vástago de cobre rojo que penetra en dos vasos de mercurio, de los cuales el uno es fijo, el vaso pequeño, y el otro, por el contrario, está montado en un tornillo que lo eleva más ó menos para arreglar la longitud de contacto del vástago de cobre con el mercurio.

Esta disposición presenta la ventaja de tener el circuito de la bobina independiente del mecanismo del interruptor, y además permite el arreglo del vaso durante la marcha del aparato. A la

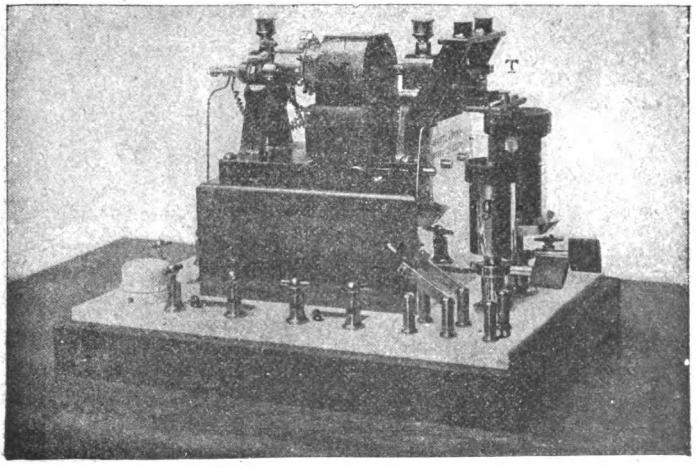


Fig. 30.—Interruptor-motor de mercurio de Gaiffe.

izquierda de éste se encuentra el interruptor bipolar corta-circuitos de la bobina, el cual puede á la vez servir de inversor. Para poner el aparato en marcha basta unir los bornes colocados en la parte posterior del aparato con la corriente y la bobina á los dos bornes que van señalados con iniciales, así como el condensador del carrete empalmarlo con los dos bornes marcados con la palabra condensador.

Arregladas las conexiones con los reostatos, pónganse 15 milímetros de mercurio en el vaso mayor, llenándole hasta dos centímetros del borde con petróleo; el vaso pequeño se llena casi enteramente de mercurio.

Para poner el aparato en movimiento basta bajar una palanca unipolar colocada á la derecha del aparato, con lo cual se da paso á la corriente del motor, y arreglando la velocidad con el reostato, se llega á obtener el número de interrupciones deseadas. Cuando el interruptor se ha puesto en movimiento, se baja el conmutador bipolar de la bobina y se regula éste hasta que se obtiene la chispa apetecida.

Además del modelo que acabamos de describir, presenta otro M. Gaiffe en que la velocidad llega á 6.000 interrupciones por minuto, lo cual ha conseguido haciendo doble el interruptor ya descrito.

Interruptor electrolítico de Wehnelt.—Con el descubrimiento del interruptor electrolitico, la técnica de Roentgen adquirió un gran impulso, pues merced á él se redujo el tiempo de exposición de las placas fotográficas á algunos segundos.

Al principio tuvo este interruptor algunos defectos y su empleo ofrecía dificultades; pero bien pronto éstas desaparecieron,

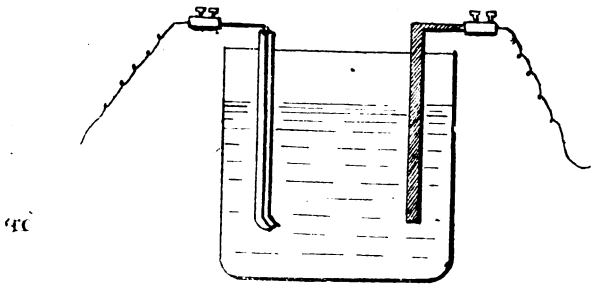


Fig. 31.—Esquema del interruptor electrolítico de Wehnelt.

mejorándose notablemente el interruptor por diversos fabricantes; y muy especialmente en cuanto se refiere al aislamiento del anodo.

Este interruptor se funda en que una corriente eléctrica, al atravesar un vaso electrolítico conteniendo ácido sulfúrico diluído, siempre que se emplee como anodo una punta de platino de pequeño diámetro y como catodo una placa de plomo de gran

superficie, produce inmediatamente la descomposición del agua, con desprendimiento de calor y luz por parte del platino. A consecuencia de la gran resistencia que opone la pequeña superficie del platino, se calienta mucho en muy corto tiempo y se rodea inmediatamente de una vaina ó cubierta de burbujas de oxíge-

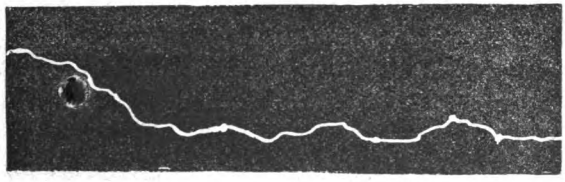


Fig. 32.—Chispa de 35 centímetros (interruptor de contactos de cobre de Radiguet).

no que produce tal resistencia al paso de la corriente, que origina su interrupción; en el momento en que la corriente no pasa, el hilo de platino se enfría, el vapor producido se condensa, y vuelven á encontrarse nuevas superficies de agua en contacto

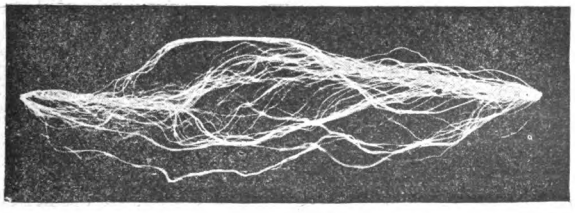


Fig. 33.—Chispa en forma de madeja (interruptor Wehnelt; distancia de los reóforos, 15 centímetros, 110 voltios y 7 amperios).

con el alambre de platino, produciéndose nuevamente el paso de la corriente. Esta interrupción lo mismo tiene lugar con corrientes continuas que con alternativas. M. Radiguet reproduce en las adjuntas figuras 32, 33 y 34 las modificaciones que sufren las chispas por medio de este aparato. La figura 32 representa

el clisé de una chispa producida por una bobina de 35 centímetros con el interruptor de columna anteriormente descrito, y las figuras 33 y 34 chispas obtenidas por la misma bobina con el interruptor electrolítico.

El inmenso número de interrupciones por segundo, forma la característica del interruptor de Wehnelt.

Radiguet aprisiona la parte de platino que no debe entrar en acción, por medio de un tubo de vidrio soldado en su extremidad; de este modo, la parte que sale del tubo es la única que entra en acción, y no hay que temer, como en los aparatos de

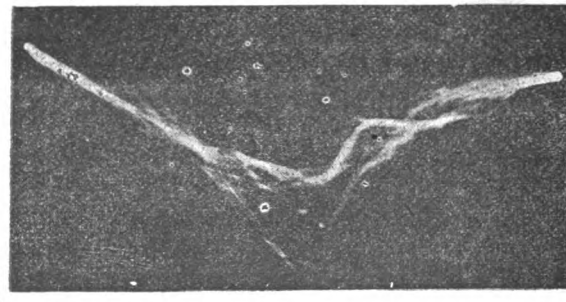


Fig. 34.—Chispa-llama (interruptor Wehnelt; distancia de los reoforos, 15 centímetros, 110 voltios y 10 amperios).

platino movible, entradas inevitables de líquido ácido entre la vaina aislante y el metal, cuyas partículas producen efectos electrolíticos secundarios y provocan irregularidades en el tubo.

En el interruptor Wehnelt, cuyo modelo representa la figura 35, la cuba hidro-eléctrica está contenida en un gran vaso, en el que circula agua fría para que el número de interrupciones no disminuya cuando la temperatura del líquido se eleva demasiado. Este interruptor es más útil cuando se dispone de corrientes de los sectores del alumbrado, que cuando se usan acumuladores. Destinándole á la Radioscopia, merced al número considerable de interrupciones que puede dar por segundo, la imagen adquiere una gran fijeza que evita las intermitencias, tan

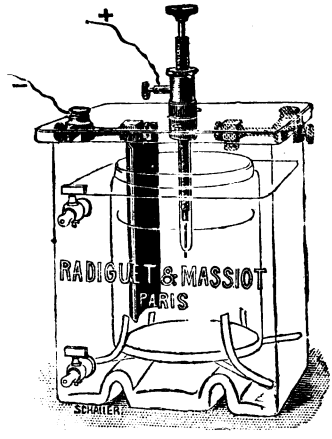


Fig. 35.—Interruptor electrolítico de Wehnelt, modelo Radiguet, con vaso refrigerador.

molestas para los ojos, que producen la mayor parte de los interruptores metálicos.

El modo de montar y emplear este aparato, que se expresa gráficamente en la figura 36, es como sigue:

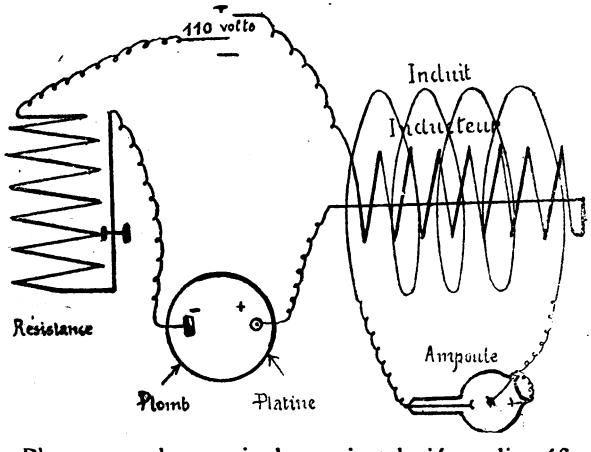


Fig. 36.—Plano para el montaje de una instalación radiográfica con interruptor Wehnelt.

El polo positivo de la corriente se une á uno de los bornes del inductor del carrete, y el otro borne de éste al platino del interruptor; el negativo de la corriente, después de pasar por el reostato, se empalma al plomo; el vaso del interruptor debe llenarse de agua acidulada á $^1/_{10}$, y cuando la sesión haya de ser muy prolongada, se mantiene en el vaso exterior la refrigeración por medio de una corriente de agua fría.

CAPITULO V

APARATOS DE MEDIDA Y ACCESORIOS DE LAS CORRIENTES ELÉCTRICAS

I. AMPERÍMETROS Y VOLTÍMETROS.—Diferentes procedimientos se han empleado para medir las corrientes eléctricas. No nos ocuparemos más que de los que presentan un interés práctico para el fin que perseguimos. Una de las medidas que interesan en primer término á la Radiografía, es la de la intensidad de la corriente. Antiguamente se medía la intensidad de las corrientes por medio de un voltámetro, hasta que el descubrimiento del galvanómetro proporcionó la balanza con que medirla.

En la actualidad, merced á los amperímetros y á los reostatos, se puede medir y pesar la intensidad de las corrientes eléctricas con más exactitud que el alcaloide más delicado con la más precisa de las balanzas. El amperímetro es la balanza; la resistencia ó reostato, el juego de pesas que nivelan la balanza.

Los galvanómetros, en general, son deducción inmediata de la célebre experiencia de Oersted, que en 1819 demostró que si se hace pasar paralelamente á una aguja imanada una corriente galvánica, la aguja tiende á ponerse en cruz con la corriente.

Los estudios consiguientes á este descubrimiento dieron lugar al de los galvanómetros, que al principio se limitaban á señalar el paso de la corriente, y que por sucesivos perfeccionamientos han llegado á grado tal, que hoy, mediante una lectura en la esfera graduada, podremos conocer la intensidad de la corriente en cuyo circuito esté intercalado un galvanómetro bien construído.

Una de las dificultades mayores que para la medida exacta

de las corrientes presentaban los primitivos galvanómetros, era la oscilación que tiene la aguja al paso de la corriente. Hoy día, con la construcción de los galvanómetros aperiódicos, se ha obviado el inconveniente del período de oscilación, y la aguja se fija inmediatamente en el grado de derivación proporcional á la corriente.

Se ha llegado á la aperiodicidad colocando, á la inversa de lo que en los primitivos galvanómetros se hacía, el imán fijo y el conductor por que atraviesa la corriente movible. Graduados por comparación y perfectamente contrastados se venden los amperímetros que necesitamos usar en todas las instalaciones radiográficas, para conocer la intensidad de la corriente, y cuyos modelos son de todo el mundo conocidos.

Otro aparato de medida indispensable es el *voltímetro*, destinado á medir la fuerza electro-motriz. Está fundado en igual principio que los galvanómetros, y cualquiera de éstos que tenga una resistencia muy considerable, puede destinarse á medir la fuerza electro-motriz y convertirse en voltímetro. En vez de colocarlos como los amperímetros en tensión, es decir, intercalados, los voltímetros se colocan en derivación sobre el circuito cuya fuerza-motriz desea conocerse.

Dicho se está, por lo manifestado respecto á los amperímetros, que los aparatos destinados á medir la fuerza electro-motriz deben ser, como aquéllos, perfectamente *aperiódicos*.

Reostatos.—Están destinados á disminuir y regular la intensidad de las corrientes primarias á fin de no rebasar los límites necesarios para la buena marcha de los carretes, llegando á una graduación exacta de la intensidad, que se obtiene por los reostatos y se lee en los amperímetros, por cuya razón en el párrafo anterior decíamos que los reostatos eran el juego de pesa para medir las corrientes en aquellas balanzas.

Cualquier cuerpo interpuesto en un circuito puede servir de reostato ó resistencia; pero dejando aparte el uso de los interruptores líquidos por su enojoso empleo, no utilizamos más que los reostatos metálicos que están formados, en general, de alambre de hierro ó de niquelina.

El principio en que se basan los aparatos de resistencia es el que ya en el primer capítulo indicamos, al decir que la resistencia de un conductor es proporcional á su longitud é inversa-

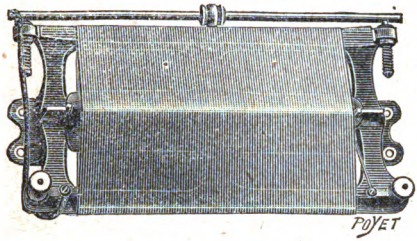


Fig. 37.—Reostato de corredera para instalaciones con acumuladores.

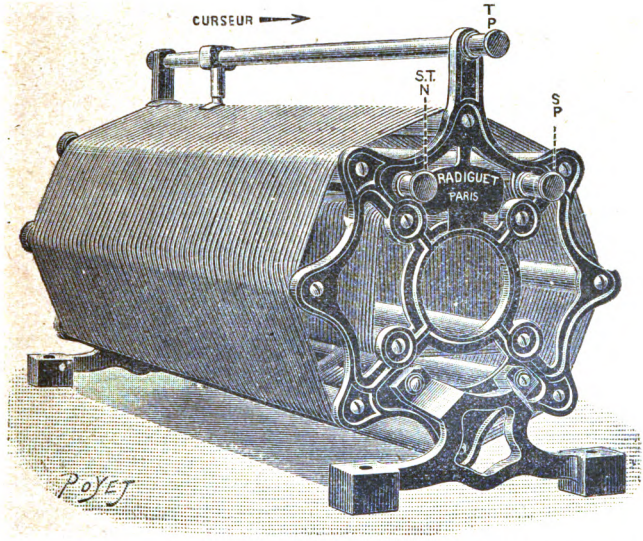


Fig. 38.—Reductor de potencial Radiguet para corrientes continuas de 100 á 120 voltios.

mente proporcional á su sección, de lo que se desprende que la longitud del alambre ha de ser tanto mayor y la sección tanto más pequeña, cuanto mayor sea la resistencia que queramos

oponer al paso de la corriente, es decir, cuanto más queramos disminuir la intensidad de la corriente primaria.

Generalmente se disponen en espirales que están encuadradas dentro de un marco aislador: por medio de un conmutador van introduciéndose mayor ó menor número de espirales, según la resistencia que se desea intercalar.

Otro modo muy práctico de construir los reostatos es el representado en las figuras 37 y 38, en que la graduación se hace

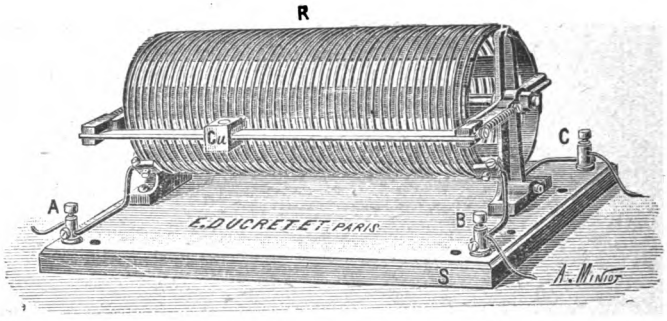


Fig. 39.—Reostato de corredera Ducretet para corrientes de 100 á 110 voltios.

moviendo una corredera aislada con la cual se intercalan mayor ó menor número de espiras en el circuito.

Estas resistencias reciben también el nombre de reductores de potencial; el representado en la figura 38 se coloca en derivación sobre la línea, y la simple maniobra de la corredera permite, aun funcionando la bobina, disminuir ó aumentar la intensidad de la corriente.

De lo dicho se desprende que no sólo sirven para regular la corriente necesaria para el carrete, si que también para hacer variar la velocidad de los motores de los interruptores en límites muy extensos.

El reostato (fig. 39) destinado á las instalaciones con corrientes del alumbrado, es de tres bornes y puede acoplarse con una bobina y un interruptor con motor, sin que éste necesite una

corriente independiente, reuniendo la bobina, el interruptor y dos reostatos de la manera que se indica en el esquema (figura 40).

El reostato R' de dos bornes reduce la intensidad de la corriente que pasa por el inductor de la bobina, y el reostato R de tres bornes (figs. 39 y 40) toma una derivación de algunos voltios del circuito principal, para accionar el motor del interrup-

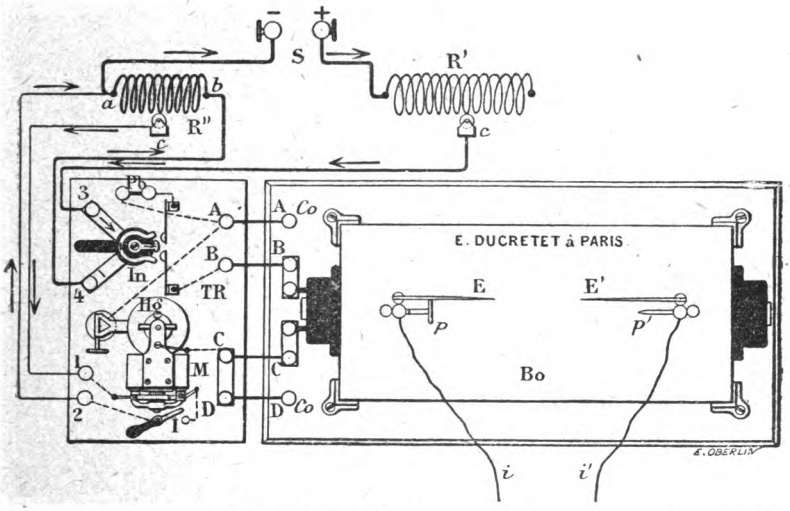


Fig. 40.—Esquema de la instalación de una bobina con interruptor de motor, sobre un sector del alumbrado de 110 voltios, con sus reostatos.

tor, cuya velocidad se regula por la corredera móvil del reostato.

Otros modelos también prácticos son los representados por las figuras 41 y 42, en que el número de espiras se toma por medio de la manecilla que indica el grabado. Estos últimos modelos de reostato ó reductores de potencial son debidos á Gaiffe y Bonetti.

Cuando se vayan á emplear los reostatos, se debe empezar siempre por introducir el máximum de resistencia que sean capaces de oponer é irla disminuyendo progresivamente hasta conseguir el límite deseado.

Como regla para elegir el diámetro y las longitudes de los hilos que deben componer la resistencia, es preciso basarse en los datos siguientes, que M. A. Londet resume, en su excelente tratado práctico de Radiografía, de este modo:

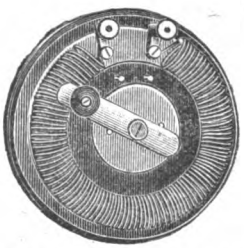


Fig. 41.—Reostato Bonetti de manecilla para acumuladores.

«Un hilo de maillechort, de un milímetro de diámetro y 10 metros de longitud, tiene una resistencia de 2 ohmios. Para cal-

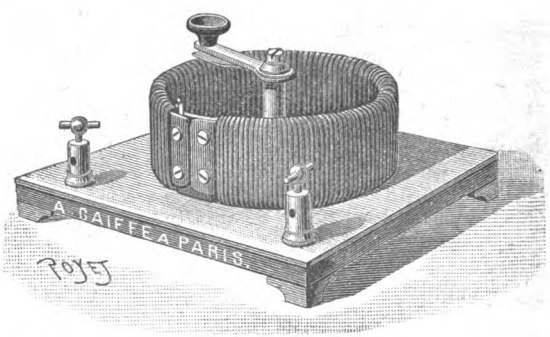


Fig. 42.—Reostato Gaiffe de manecilla para motor.

cular la resistencia que debe presentar el reostato, en tal ó cual caso, se aplica la fórmula

$$E = R\,i,$$

de donde se puede decir que

$$R = \frac{E}{i}.$$

»Sea, por ejemplo, una batería de ocho acumuladores dando próximamente 16 voltios, y de la cual no se quiere utilizar más que la mitad, 8 voltios, con un consumo de 3 amperios: se tendrá, pues, que siendo $E = 8$ voltios é $i = 3$ amperios,

$$R = \frac{8}{3} = 2 \text{ ohm } 66.$$

»El reostato deberá tener una resistencia comprendida entre 2 y 3 ohmios: bastará, pues, tomar 10 metros de hilo de maillechort, de un milímetro de diámetro, que tenga una resistencia de 2,6 ohmios. Para accionar una bobina de 40 centímetros directamente sobre el sector á 110 voltios y reducir el voltaje á 20 voltios próximamente, será preciso entonces 100 metros de hilo de un milímetro de diámetro.»

Otro género de reostato que se puede utilizar, además de los metálicos, son los construídos por medio de lámparas eléctricas, las cuales se colocan en derivación sobre el circuito, y respecto á los cuales no entramos en detalles, puesto que al ocuparnos de los acumuladores ya dijimos bastante sobre el modo de adaptar esta clase de resistencias y manera de hacerlo económicamente.

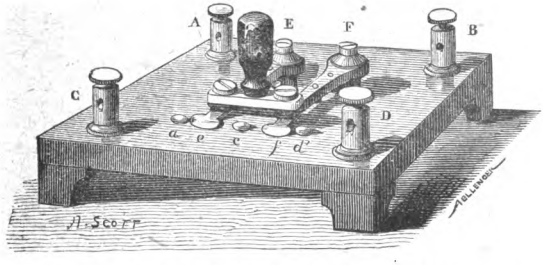


Fig. 43.—Conmutador Gaiffe de manecilla.

III. CONMUTADORES INVERSORES.—Son aparatos destinados á cambiar la dirección de una corriente, y muchas veces á interrumpir su paso. Aun cuando existen modelos múltiples, nos limitaremos á describir los siguientes: el conmutador Gaiffe (figu-

ra 43), en que los bornes *A* y *B* de entrada de la corriente comunican con las piezas *EF*, en las cuales se mueven unas manecillas cuyas extremidades *e f* pueden apoyarse indistintamente en los botones *a* y *c* por una parte, y de otra en *c d*, puesto que su mo-

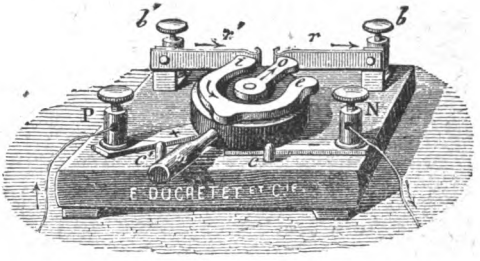


Fig. 44.—Conmutador inversor Bertin.

vimiento es paralelo. Según las manecillas se apoyen en unos botones ó en otros, así será el sentido de la corriente; los bornes *C* y *D* son las que sirven para dar salida á la corriente.

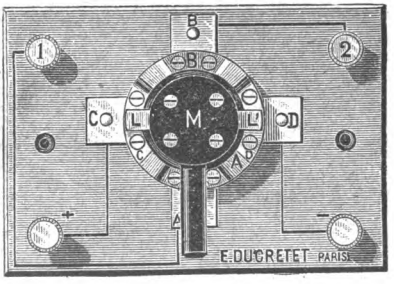


Fig. 45.—Conmutador inversor del género Bertin para corrientes muy intensas.

Otro conmutador práctico por lo sólido y fácil manejo es el de Ruhmkorff, cuyo modelo puede verse en la figura 22 (se halla unido á la bobina): consta de un pequeño cilindro de ebonita, aislado, en el que hay dos chapas metálicas en comunicación con cada uno de los polos del circuito, que frotan en dos

pequeños muelles verticales: según el contacto de las chapas movibles, que se hallen en el cilindro aislador, sea con uno ú otro de los muelles metálicos, así dirigen la corriente en un sentido ó en otro.

Un conmutador muy conveniente es el de Bertin (figs. 44 y 45): una manecilla *m* de ebonita sostiene dos piezas metálicas, una central *o* y otra en forma de herradura *ie*. La primera está unida al borne *P*, la segunda al borne *N* ó negativo; la extremidad de ambas piezas frota en los flejes de cobre *r* y *r'*, que transmiten, como se ve, la corriente á los bornes *bb'*.

La sola inspección del grabado da una idea clara del modo como varía la dirección de la corriente al variar la dirección de la manecilla *m*. Cuando está en la disposición que expresa el grabado, la corriente marcha según la dirección de las flechas.

IV. LLAVES DE PASO.—Este sencillísimo aparato, que no describimos por ser tan universalmente conocido, sirve para cerrar y abrir el circuito fácilmente. Existe multitud de modelos, todos los cuales pueden emplearse, siendo los más ordinariamente usados los que, por regla general, se usan en las instalaciones de luz eléctrica.

V. CORTA-CIRCUITOS.—Como su nombre lo indica, son aparatos destinados á interceptar el paso de una corriente en un momento dado.

Ya anteriormente hemos visto el uso de los corta-circuitos automáticos para la carga de los acumuladores; así es, que no nos resta más que indicar la necesidad del uso de corta-circuitos de seguridad en todas las líneas en que haya una bobina, con objeto de que si la intensidad de la corriente rebasa cierto límite, no se produzca la destrucción del carrete por fusión de algunas vueltas de alambre. Esto se evita intercalando en el circuito una lámina ó alambre fusible de plomo, que se funde antes de llegar á la intensidad que no deben rebasar las corrientes que animan á los aparatos de inducción; si este caso llega,

al fundirse queda una *laguna que interrumpe el paso de la corriente*. El modelo que se elija depende del capricho de cada uno, y sólo debe tenerse presente el espesor del alambre de plomo, que ya en el comercio se vende por el número de amperios que por ellos pueden circular, y de cuyo número no se pasa sin la fusión.

VI. REÓFOROS Ó CONDUCTORES. — Los hilos conductores deben ser de cobre rojo flexible y de gran aislamiento, y su diámetro debe estar en relación con la intensidad de la corriente, evitando siempre que puedan llegar á calentarse. Cuando se calientan es evidente señal de que el diámetro de sección del hilo conductor es pequeño.

El mejor conductor será el que á igualdad de condiciones de flexibilidad reúna mayor aislamiento para evitar las pérdidas de fluido.

RADIOLOGÍA

CAPITULO PRIMERO

RADIOSCOPIA Y RADIOGRAFÍA

I. NOCIONES FUNDAMENTALES.—La reproducción, en una placa fotográfica, de las sombras proyectadas por los rayos X cuando atraviesan cuerpos de distintas opacidades, recibe el nombre de *Radiografía;* la proyección de las sombras cuando se sustituye la placa fotográfica por una pantalla fluorescente, constituye la *Radioscopia.*

El descubrimiento de Roentgen no es hijo absoluto del azar, sino consecuencia inmediata de los estudios emprendidos desde mediados del siglo pasado sobre los efectos luminosos de la descarga disruptiva. Formas muy diversas puede presentar la descarga eléctrica; pero todas ellas pueden referirse á los siguientes tipos bien determinados:

a) La *chispa,* que cuando es corta siempre aparece como un trazo rectilíneo muy luminoso, y de tanta mayor densidad ó espesor cuanto mayor es la cantidad de electricidad que la produce; si se separan los conductores entre los que salta la chispa, se hace más delgada, menos luminosa y toma la forma de ziszás.

b) El *penacho,* tiene un tinte violáceo, tiende á formar un ovoide y nace evidentemente en el polo positivo.

c) Si la descarga eléctrica se produce en un recipiente cerrado en el que se ha disminuído la porción del gas que contiene,

entonces la descarga disruptiva toma la forma de *fulgor*, que siempre parte del polo positivo: sobre él actúan los imanes, desviándole de su dirección normal. El color que afecta, varía según la naturaleza del gas enrarecido que contienen los tubos en que se produce, llamados de *Geisler;* puede ser azul violeta con el hidrógeno, y blanco con el ácido carbónico.

Cuando este *fulgor* presente capas alternativamente brillantes y obscuras, se le denomina *luz estratificada,* debiéndose su descubrimiento á Abria, que en 1842 demostró, en Burdeos, esta estratificación, actuando sobre un tubo cuyo vacío era de una milésima de atmósfera.

d) Lo mismo la *chispa* que el *penacho* y que el *fulgor*, con justicia reciben el nombre de luz positiva, porque en la atmósfera y en los tubos en que se ha producido un vacío de la naturaleza del que acabamos de manifestar, la luz marcha siempre del anodo al catodo; pero si el vacío se exagera, la luz positiva se debilita, y una vaina luminosa envuelve al catodo poco á poco, hasta cubrirlo por completo. Entre esta envoltura luminosa y el catodo, existe un espacio obscuro que aumenta, desvaneciéndose poco á poco las partes luminosas, hasta no quedar más que un pequeño círculo de luz violeta en el vértice del catodo, y frente á éste una fuerte fosforescencia del vidrio, producida por los *rayos catódicos*. Estos rayos presentan fenómenos y propiedades características: se propagan en línea recta; excitan la fosforescencia de un gran número de cuerpos, además del vidrio que ya hemos indicado, y á cuyos cuerpos, como á todos los que atacan, calientan, hasta el punto de producir la incandescencia y fusión de las láminas metálicas delgadas.

Estos *rayos catódicos* ó *luz negativa* se desvía por los imanes, transporta electricidad negativa, y tiene una marcada acción química que se manifiesta por fenómenos de reducción.

Hertz demostró que los rayos catódicos atraviesan una pantalla de aluminio delgada, y Lenard comprobó que los rayos catódicos, después de haber atravesado una solución de continuidad del tubo, cerrada por una delgada lámina de aluminio, impresionaban las placas fotográficas.

Los rayos X se habían descubierto; pero era preciso que una inteligencia más práctica se aprovechara de la observación de este fenómeno.

e) Roentgen, haciendo experiencias sobre los rayos catódicos, observó que el tubo en que se producían, á pesar de estar encerrado dentro de una caja de cartón, iluminaba una pantalla de platino-cianuro de bario que se hallaba cerca. En este momento fué en el que tuvo la feliz idea de interponer entre el tubo y la pantalla la mano, quedando sorprendido al poder apreciar los detalles del esqueleto.

Los rayos Roentgen ó rayos X son los catódicos, que se modifican al chocar con cualquier superficie; es decir, donde éstos terminan, aquéllos empiezan.

Los rayos X se caracterizan por impresionar las placas sensibles fotográficas; producir la fluorescencia de gran número de substancias, entre ellas la del platino-cianuro de bario; atravesar espesores considerables de cuerpos completamente opacos á la luz ordinaria; propagarse en línea recta, y no reflejarse, refractarse, difractarse, polarizarse, ni ser desviados por los imanes como los catódicos; no son conductores de electricidad como éstos, pero descargan los cuerpos electrizados.

Roentgen, al dar cuenta de su descubrimiento, llamó modestamente á los rayos así producidos, rayos X, á mi entender con razón, porque hasta ahora, y á pesar de los múltiples trabajos que sobre el particular se han hecho, permanecen completamente desconocidos en su naturaleza.

Quedó resuelto casi en absoluto el problema de la Radiografía y Radioscopia al participar los experimentos que había practicado á la Sociedad Física Médica de Würtzbourg, resumidos en 16 conclusiones, en las que si hay algún pequeño error, que el progreso de la ciencia ha puesto más adelante de manifiesto, son tan escasos y tan pequeñas las modificaciones introducidas, que puede decirse que en su célebre comunicación está resumida toda la doctrina de esta nueva rama de la ciencia.

II. Generalidades sobre los tubos productores de los

RAYOS ROENTGEN.—De lo anteriormente dicho se desprende que para la producción de los rayos X es preciso disponer de tubos en los que se haya hecho un vacío tan perfecto como posible, siendo los primitivamente usados tubos de Crookes, en los cuales se hacía un vacío más perfecto.

En todo tubo productor de rayos Roentgen hay que considerar: el grado de vacío, la composición del vidrio y la naturaleza y disposición de los electrodos.

1.° El *vacío* tan exagerado que deben tener los tubos productores de estas radiaciones, no es fácil de obtener, y esto justifica el alto precio que alcanzan.

No son bastantes las máquinas neumáticas comunes y corrientes para producirlo: son necesarias potentes bombas hidráulicas, con las cuales se extrae la mayor cantidad de aire que contiene el tubo; pero como con ellas nunca se puede alcanzar una presión mayor que la tensión del vapor de agua á la temperatura á que se opera, hay que recurrir, después de haber obtenido este primer vacío, á conseguir por medio de las bombas de mercurio otro más perfecto.

Distintos modelos de bombas han ideado los fabricantes de esta clase de aparatos, y que no estudiamos porque rara podrá ser la ocasión que se le presente á un radiógrafo de hacer el vacío por sí mismo en un tubo.

2.° La *naturaleza del vidrio*, que siempre detiene más ó menos las radiaciones, influye poderosamente en la bondad de los tubos. Los vidrios de composición á base de potasa, de sosa ó de cal, son muy transparentes y producen una hermosa fluorescencia; el cristal, por el contrario, es opaco, indudablemente por las sales de plomo que entran en su composición.

3.° La *naturaleza y disposición de los electrodos* del tubo, han variado desde el primitivo tubo de electrodos filiformes á los de electrodos planos ó cóncavos de platino y aluminio. El Focus, llamado así por tener uno de los electrodos en plano inclinado, ha dado lugar á multitud de modelos cada vez más perfeccionados.

Hay que tener presente que se denomina anodo al electrodo

positivo y catodo al negativo, y que ambos se reúnen á los polos positivo y negativo de los aparatos transformadores de la corriente eléctrica.

Dejando á un lado la descripción de los tubos filiformes y de otros modelos que en la actualidad no se usan, vamos á hacer la exposición de los más útiles.

III. TUBOS EN PARTICULAR.—*Focus.*—En este tubo los rayos que parten del catodo sufren una especie de reflexión en el plano inclinado que forma el anodo, y que pudiéramos considerar como un espejo con inclinación de 45 grados tratándose de rayos luminosos. De este modo, los rayos, reflejándose, se concentran en la parte inferior de este espejo, quedando la parte superior del tubo, en todo el plano que pasa por el eje del anodo, obscura, sin que tenga apenas radiación activa. Estos tubos, que fueron ideados por M. Sylvanus Thomson, dieron un gran impulso á la Radiografía.

Tubos bianódicos.—Estos tubos, creados por Muret, se llaman así por tener un anodo supletorio que se une á su congénere por el exterior mediante un hilo metálico. Aun cuando el papel que

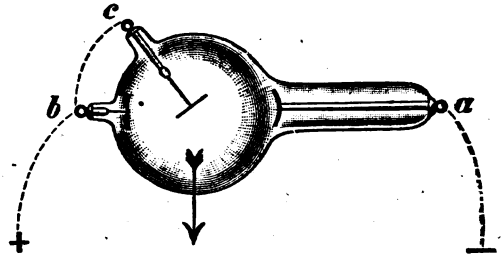


Fig. 46.—Tubo Muret bianódico (Radiguet).

desempeña este anodo supletorio no ha tenido una explicación satisfactoria, sin embargo, la práctica ha demostrado su gran utilidad al reducir considerablemente el largo tiempo de exposición que exigían los otros modelos (fig. 46). Hay una gran va-

riedad de tubos bianódicos; la figura 47 representa tres modelos distintos construídos por Bonetti: *C*, que es el modelo ordinario y corriente; el modelo *B*, que tiene el anodo muy grueso á fin de evitar que se caliente y aun se funda con facilidad cuando se usa el interruptor electrolítico; y, por último, el señalado con la

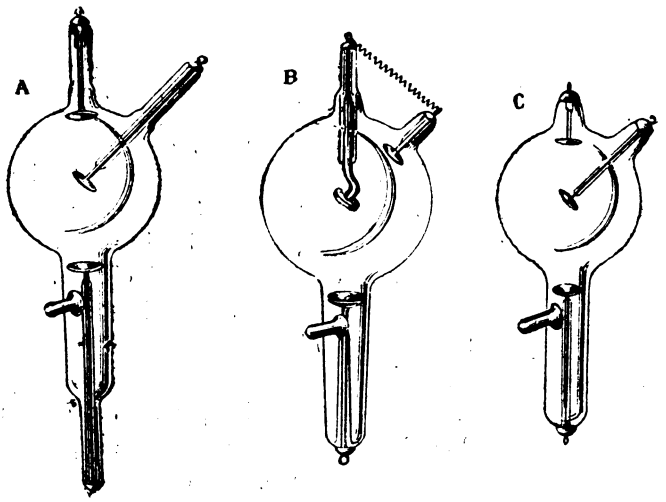


Fig. 47.—Tubos bianódicos.

letra *A* está destinado á utilizarse con las máquinas estáticas, á cuyo fin los electrodos son de mayor longitud.

Tanto este constructor como todos los que se dedican á la fabricación de esta clase de aparatos, los hacen proporcionados á la longitud de la *chispa* con que se trabaja.

Tubos de anodo anular.—Estos tubos pertenecen al tipo de los focus, según puede verse en el modelo (fig. 48): el anodo está dispuesto en forma de anillo *A*, colocado entre el espejo focus *M* y el catodo.

Los rayos catódicos pasan así al través del anillo anódico para formar un foco en el espejo de platino *M*, inclinado 45 grados y colocado en la extremidad opuesta del tubo.

Esta disposición presenta las ventajas siguientes:

1.° La posición del anodo, siendo independiente de la longitud focal, puede estar muy próxima al catodo; con lo que se disminuye la resistencia para la descarga.

2.° El espejo *M*, colocado en una de las extremidades del

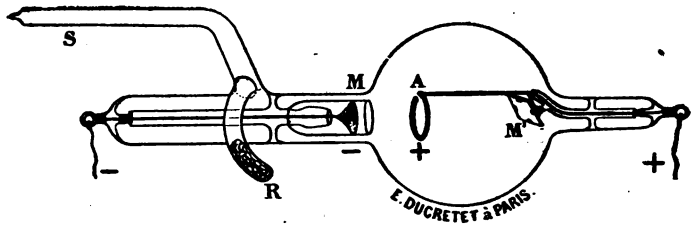


Fig. 48.—Tubo regenerable de potasa, de anodo anular, tipo Focus.

tubo, deja mayor zona utilizable en la parte inferior del tubo, y permite así iluminar superficies de mayor extensión; y

3.° Cuando el grado de vacío que tiene el tubo no sea tan perfecto como lo exija la bobina empleada, basta invertir durante algunos momentos el sentido de la corriente en el tubo, para que se reabsorba el exceso de gas.

Tubos regenerables.—Todos los tubos tienen un límite de duración. El paso repetido de la corriente hace que las escasísimas moléculas de aire que en el tubo existen, pero que son necesarias para que se verifique la descarga eléctrica, sean reabsorbidas por el mismo vidrio; para evitar este inconveniente se han construído tubos capaces de volver á dar la cantidad de gas necesaria para una buena marcha.

El tubo Colardeau-Chabaud está construído con electrodo de paladio, por la propiedad que este metal tiene de absorber y retener el gas hidrógeno, á fin de que cuando el tubo se haya hecho muy resistente al paso de la corriente, baste con calentar ligeramente el electrodo de paladio para que devuelva parte del oxígeno absorbido, poniendo entonces el tubo en condiciones de funcionar.

BIBLIOTECA NACIONAL

Tubos regenerables de potasa (figs. 48 y 49).—Pueden ser de anodo anular ó bianódicos, teniendo un pequeño apéndice *R*, en el que hay una escasa cantidad de potasa con objeto de que cuando el tubo esté muy resistente calentándole por medio de una lámpara de alcohol, el desprendimiento de ligerísimas can-

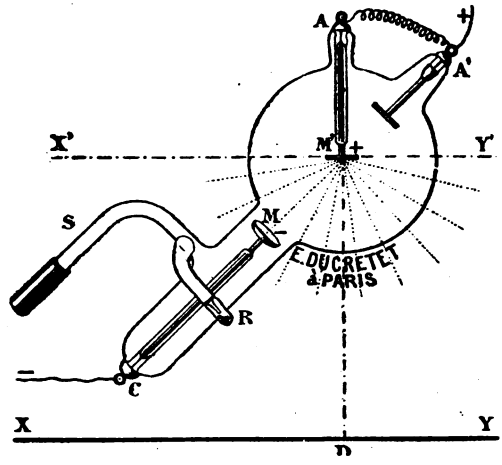


Fig. 49.—Tubo regenerable de potasa, bianódico.

tidades de vapores vuelva á producir la fluorescencia necesaria del tubo.

Tubo con regulador automático de vacío (fig. 50).—Este tubo, entre otras ventajas, reúne la de permitir regular á voluntad y automáticamente el vacío interior, y poder utilizarse con bobinas de 15 á 35 centímetros de longitud de chispa; los electrodos + y — se unen á la bobina del modo acostumbrado: *E* es un vástago metálico articulado en *c* y unido por el hilo *f* al catodo *m* de un segundo tubo auxiliar. Este tubo tiene un anodo *a* unido por el hilo *f'* al anodo *A* del tubo principal; su vacío es el vacío de Crookes; en *R* hay un pequeño reservorio que contiene potasa, y comunica por un tubito con el principal. Cuando el vacío del tubo es demasiado perfecto para la bobina que se emplea y la descarga no puede atravesarle, saltan chispas en-

tre el electrodo — y el punto del vástago *E;* la descarga atraviesa entonces el tubo auxiliar; los rayos catódicos transmitidos por el espejo *m* van á chocar en el reservorio *R* colocado en su foco, y le calientan; un desprendimiento de gas va en este caso al tubo principal, cuyo fenómeno continúa hasta que la resistencia interior, habiendo disminuído bastante, permite que la descarga pueda atravesar de nuevo el tubo, y entonces las chispas dejan de saltar entre el electrodo — y *E*.

Como el vástago *E* es movible alrededor de *C*, se puede á vo-

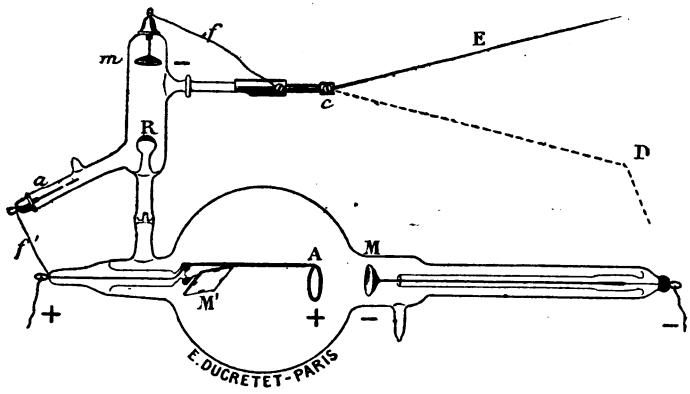


Fig. 50.—Tubo con regulador automático de vacío.

luntad, y según la longitud de la bobina empleada, variar la distancia *D* de su punto al electrodo —.

Para una bobina de 25 á 30 centímetros de chispa, por ejemplo, la distancia *D* debe ser de 13 á 15 centímetros; será más pequeña para una bobina menos fuerte, é inversamente; una vez que se arregla la distancia para la bobina empleada, no hay nada que cambiar, funciona por sí misma.

Cuando el vacío es demasiado débil, se enrarece la atmósfera interior del tubo invirtiendo la corriente ó dejando funcionar el tubo durante algún tiempo.

Existen también tubos que permiten refrigerar el anodo; pero

aparte de no conseguir su objeto en absoluto, los creemos de un manejo delicado y de poca utilidad práctica.

Para terminar cuanto se refiere á los tubos, diremos que cuando adquieren un grado de vacío exagerado, en cuyo caso los tubos se llaman *duros,* el modo de obtener de ellos algún nuevo servicio, aun cuando siempre escaso, es el de calentarlos por medio de una lámpara de alcohol. El procedimiento que aconseja invertir la corriente, no nos ha dado nunca resultado, y sólo creemos que conduce á la destrucción más rápida del tubo.

El defecto contrario, es decir, un vacío poco perfecto es general en los tubos nuevos, llegándose á conseguir que se endurezcan estos tubos, que se llaman *blandos,* dejando pasar algún tiempo las descargas á su través, de lo cual puede deducirse que un tubo gana en poder emisor de radiación con el uso, hasta llegar á cierto límite; límite que señalará el cambio de coloración en la fluorescencia, que dejará de ser la verde característica para ir tomando una coloración rosada. Cuando se observa esta última coloración, desde luego puede asegurarse que la vida del tubo es escasa.

IV. APARATOS ACCESORIOS PARA UTILIZAR LOS TUBOS.—Es necesario para que los tubos Roentgen funcionen, que estén aislados de los cuerpos que pudieran transmitir al suelo la descarga, y con movimientos fáciles para dirigir la luz al objeto que se quiere radiografiar. Con este fin se emplean los aparatos denominados *soportes.*

Estos deben ser estables, de mucho peso, y permitir toda clase de movimientos ó posiciones al tubo.

Los modelos más corrientes (fig. 51) están en general formados por un trípode de hierro, en el que hay un vástago movible que puede, por medio de tornillos de presión, fijarse á mayor ó menor altura, y por una pinza de madera que está articulada en todos sentidos, la cual no es otra cosa más que una pinza de laboratorio de química. Casi todos tienen una varilla

aisladora que en la figura 52 está representado por *T* para sostener los hilos conductores que proceden del circuito inducido

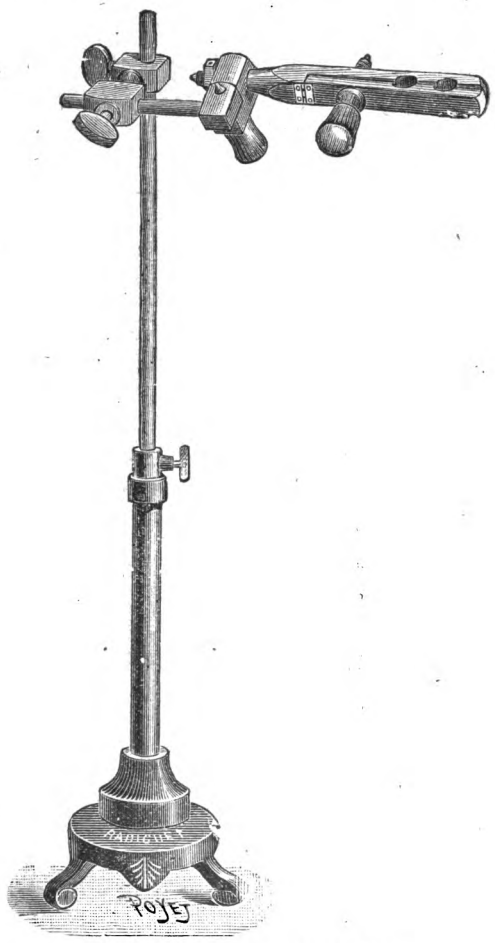


Fig. 51.—Soporte para tubo.

de la bobina, á fin de que no se toquen entre sí, ni á los objetos exteriores, evitándose de esta manera las descargas, que siempre son enojosas, desagradables y algunas veces peligrosas.

Radiguet construye un soporte que lleva el nombre de *universal* porque permite colocar el tubo en todas posiciones, verificándose los movimientos en todos sentidos, sin necesidad de tener que tocar á tornillo de ninguna clase.

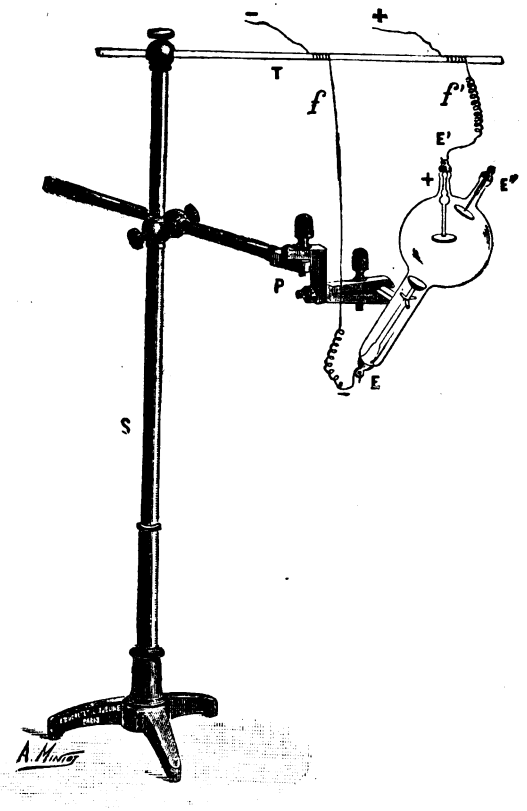


Fig. 52.—Soporte para tubo.

Un ingenioso aparato, debido en gran parte al Dr. Guilleminot, es el de la figura 53, denominado cuadro porta-tubos, ideado con objeto de hacer variar en todos sentidos la posición de éstos y evitar que para la variación de posición se necesite el auxilio de un ayudante. Úsase principalmente para los exáme-

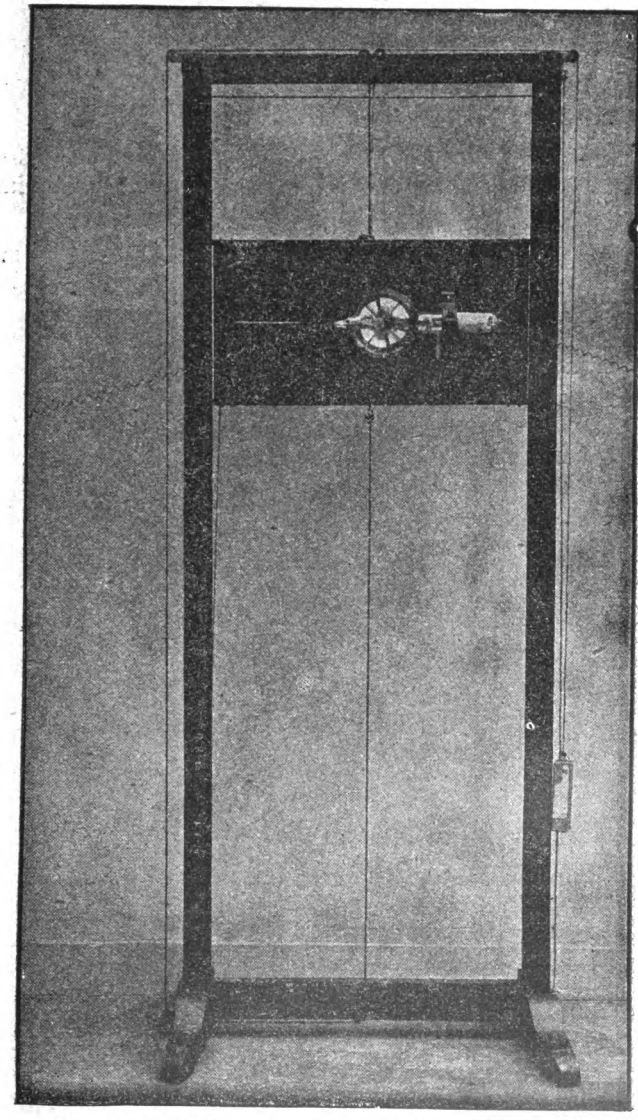


Fig. 53.—Cuadro porta-tubos del Dr. Guilleminot.

nes radioscópicos, y está constituído por dos montantes verticales, con dos ranuras en sus caras internas. A lo largo de estas ranuras corre un cuadro, en el que hay otro segundo que sostiene el tubo; el primero se mueve de abajo arriba é inversamente, merced á un cordón provisto de un contrapeso; el segundo se mueve de izquierda á derecha é inversamente, gracias á un segundo cordón, dispuesto de manera que sus movimientos sean independientes de los del primero.

Esta disposición deja durante un examen radioscópico mover el tubo en todos sentidos y produce de este modo sombras en ángulos diferentes, que permiten examinar exactamente la naturaleza de las anomalías que se investigan.

CAPITULO II

TÉCNICA RADIOGRÁFICA

I. INSTALACIONES RADIOGRÁFICAS.—Descrito el material necesario para producir los rayos X, hay que ocuparse del modo de instalarlo, de conectar los diversos elementos para su más cómodo uso en la práctica.

Con máquinas de electricidad estática.—Desde luego sabemos que pueden utilizarse los aparatos de electricidad estática. De tres modos distintos pueden usarse estas máquinas: ya uniendo directamente los dos conductores de la máquina al anodo y catodo del tubo, en cuyo caso son indispensables los grandes aparatos de electricidad estática de seis ó más discos para obtener una buena fluorescencia en los tubos; ya interponiendo en el circuito un excitador, cuyas bolas se aproximan hasta que una chispa corta y continua salte entre ellos, y cuyos excitadores, denominados también *detonadores*, se representan en las figuras 54, 55 y 56; esta disposición tiene la ventaja de no necesitar aparatos de tanto rendimiento como con la conexión directa; y por último, pueden usarse también los aparatos de electricidad estática agregándoles condensadores, en cuyo caso la chispa salta entre los excitadores que comunican con las armaduras internas de las botellas de Leyden, mientras las armaduras externas se unen por medio de un hilo metálico aislado, una al anodo y otra al catodo del tubo.

La fluorescencia que se obtiene con las máquinas francklinianas es buena y de una continuidad que no fatiga al observador; por otra parte, el anodo no se calienta con la facilidad que lo hace cuando la producción de la corriente se obtiene por medio

de los transformadores llamados bobinas; pero aparte de esta ventaja, presentan varios inconvenientes.

En primer lugar, la inconstancia que tienen todos los aparatos de electricidad estática, cuando la atmósfera se halla húmeda, hace rodearnos de ciertas precauciones para evitarla, ya

Fig. 54.

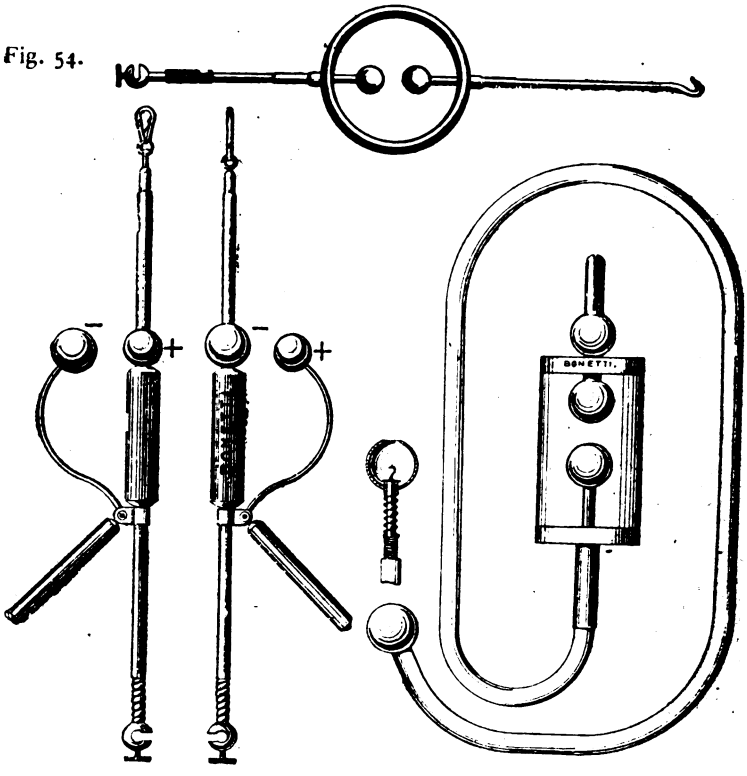


Fig. 55.

Fig. 56.

encerrando las máquinas en vitrinas especiales, cuyos inconvenientes hemos señalado al describir esta clase de aparatos, ya obligándonos á elevar demasiado la temperatura de la habitación; en segundo lugar, cuando los discos de las máquinas de Wimshurst, únicas utilizables para este objeto, tienen sectores,

de cuando en cuando se invierte el sentido de la corriente y cambian de lugar los polos de la máquina; en tercer lugar, otro inconveniente, y no pequeño, es que la fluorescencia se consigue tanto más intensa cuanto mayor es la velocidad, que nunca llega á alcanzar un justo límite cuando los aparatos son movidos á mano, haciendo necesario el uso de los motores, lo cual, además de aumentar el precio del aparato, los hace de más difícil manejo; y por último, si bien parece que, por no calentarse el anodo de los tubos, deben tener éstos mayor duración, nada más lejos de la verdad, puesto que se deterioran fácilmente, por convertirse en muchas ocasiones el tubo Roentgen en un condensador electro-estático, en cuyo caso salta la chispa entre las armaduras á través del vidrio, rompiendo el tubo.

Con carretes ó transformadores. — Al tratarse de bobinas ó transformadores para producir la iluminación de los tubos, hemos de dividir las instalaciones en *instalaciones fijas* y *portátiles*. Los elementos indispensables para una instalación *fija* son:

1.° Llave de paso.
2.° Reostato.
3.° Amperímetro.
4.° Corta-circuitos ó fusible.
5.° Bobina con interruptor anejo á ella ó independiente.
6.° Voltímetro, si como corriente primaria usamos la de los acumuladores; y
7.° Corriente primaria origen de los fenómenos de inducción.

(a) *Llave de paso.*—Cualquier modelo de los que hay en el comercio puede utilizarse, puesto que no ha de tener otro fin que el dejar pasar la corriente cuando sea necesaria.

(b) *Reostato.*—De lo manifestado cuando nos ocupamos de estos aparatos, se infiere fácilmente que la resistencia ha de ser proporcional al voltaje é intensidad de la corriente que necesitamos reducir.

(c) *Amperímetro.*—El amperímetro es indispensable para las instalaciones, puesto que él nos ha de guiar para intercalar en el circuito mayor ó menor resistencia por medio del reosta-

to, con arreglo al régimen á que necesite trabajar la bobina.

(d) *Corta- circuitos ó fusible.*—El diámetro de sección de plomo fusible del corta-circuitos debe ser del número de amperios á cuya intensidad trabaje la bobina, á fin de que si hay alguna variación en la corriente primaria, en vez de deteriorarse el carrete, tenga lugar la fusión de este conductor, y, por lo tanto, quede automáticamente interrumpida la corriente y exento de todo peligro.

(e) *Bobina.*—Al elegir modelo de transformador ó bobina, el problema que primero se plantea es el de su tamaño. Muchos han exagerado las ventajas de las grandes dimensiones, llegándose á hacer de exageradas proporciones, que, á mi entender, no presentan ventaja alguna práctica, pues creemos suficiente una bobina de 25 á 35 centímetros de chispa para todos los usos radiográficos. Más que al tamaño del transformador, debe atenderse á la bondad del interruptor, á cuyos perfeccionamientos es á lo que en verdad se debe, así como á la bondad en la construcción de los tubos, todo el desarrollo que ha alcanzado la Radiografía.

Es conveniente para una instalación fija que la bobina tenga el interruptor independiente, pues en este caso, según el uso á que se haya de destinar, ya para Radiografía ó para Radioscopía, podrá emplearse un interruptor de mayor ó menor velocidad, siempre que se disponga de modelos distintos.

Los interruptores de gran rapidez son convenientes para los exámenes radioscópicos; los interruptores rápidos son también convenientes para la Radiografía; pero en las exposiciones largas tienen el inconveniente de calentar con rapidez los metales que constituyen el tubo, especialmente el anodo, cuya temperatura llega en ocasiones al extremo de producir su fusión.

El interruptor indudablemente más rápido, es el de Wehnelt; pero yo, que lo he utilizado durante bastante tiempo, me he convencido, en primer lugar, de la rapidez con que agota los tubos, y el inconveniente que muchas veces presenta de tener que interrumpir la sesión radiográfica para dar lugar á que se enfríe el tubo y el interruptor; y como para Radiografía las interrup-

ciones tan rápidas no son de absoluta necesidad, desde luego creemos que no son estos interruptores tan prácticos como en un principio se creyó.

Existen otros interruptores tan útiles como el de Wehnelt, pues á la suficiente rapidez presentan sobre éste la ventaja de poder variar la rapidez de interrupción, lo cual no es posible en el electrolítico. Entre ellos debemos citar el interruptor Radiguet de columnas, el Contremoulins-Gaiffe, los cuales presentan, como el de Wehnelt, la ventaja de poderse usar aun utilizando las corrientes alternativas del sector del alumbrado.

(f) *El voltímetro.*—Cuando se usan las corrientes producidas por los acumuladores, debe colocarse en derivación, pero de tal manera, que pueda intercalarse sólo en el momento en que su lectura sea necesaria.

(g) *Corriente primaria.*—Para producir la inducción en las bobinas ó transformadores, podemos utilizar las pilas, los acumuladores y las corrientes de las dinamos de los sectores del alumbrado.

Al utilizar las pilas ó acumuladores, dicho se está que han de ser en número suficiente y en combinación *ad hoc* para dar la fuerza electro-motriz suficiente, según la naturaleza de la bobina que se va á poner en trabajo, teniendo siempre presente cuanto dejamos consignado anteriormente.

Si la corriente que se emplea es la del alumbrado, se pueden presentar dos casos: que sea la corriente continua ó alternativa. Si nos encontramos con una instalación de corriente continua, desde luego puede hacerse la adaptación á cualquier bobina é interruptor, previa la precaución de reducir el voltaje de 110 ó 113, que es el que suelen dar los sectores del alumbrado, al número de voltios indispensables para la bobina, usando cualquiera de los reostatos de que nos hemos ocupado; si la corriente es alternativa, entonces se hace indispensable, ó bien transformarla en corriente continua por medio de *transformadores* que la industria proporciona á este objeto, ó emplear algunos de los interruptores útiles para esta clase de corrientes, que son el de

Wehnelt, el Contremoulins-Gaiffe y el Radiguet, de contactos de cobre.

Una instalación puede hacerse con muchos menos elementos, y así han de ser precisamente las que tengan el carácter de portátiles; únicas, por otra parte, que pueden utilizarse en los hospitales de ambulancias, puesto que la sencillez de los aparatos que la constituyen y su relativo poco volumen, permite el que puedan ser transportadas en los bien aprovechados vehículos que transportan los hospitales movibles.

En este caso, la instalación debe constar sencillamente de una batería de acumuladores transportable y herméticamente cerra-

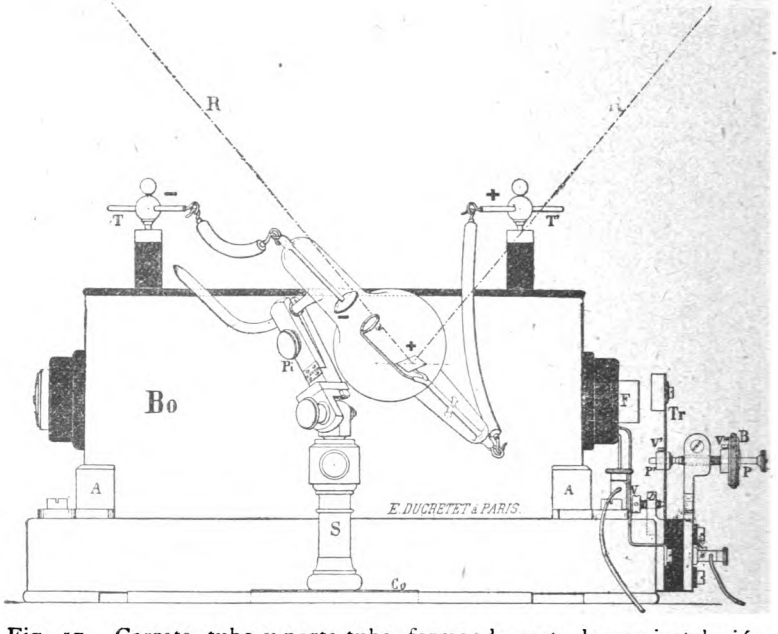


Fig. 57.—Carrete, tubo y porta-tubo, formando parte de una instalación portátil (Ducretet).

da para dar la corriente continua; una bobina de 15 á 20 centímetros de chispa, y el tubo productor de los rayos X. Estos dos últimos aparatos (fig. 57), es decir, la bobina y el tubo,

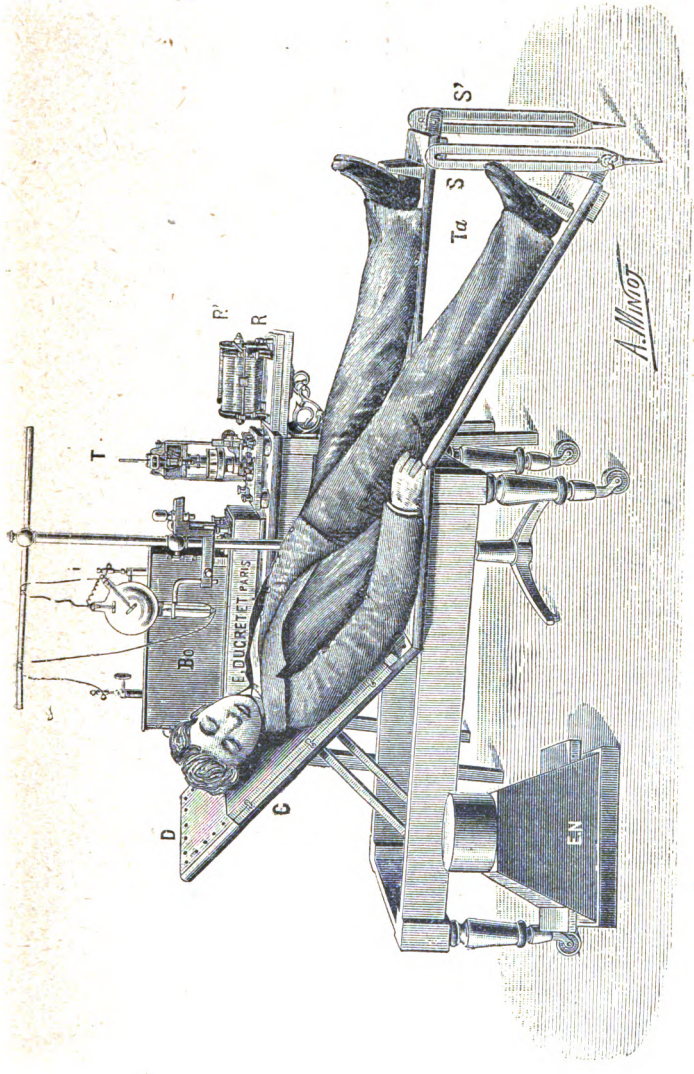


Fig. 58.—Cama radiográfica de Ducretet.

pueden ir dentro de una caja, en cuya tapa puede colocarse, si se quiere mayor perfección, un amperímetro que acuse la intensidad de la corriente que pasa, por más que no sea en este caso absolutamente indispensable. La batería de acumuladores debe ser independiente, por si se rompe y deteriora el material contenido dentro de la caja.

II. APARATOS ACCESORIOS PARA LA RADIOGRAFÍA.—Uno de los elementos más necesarios, y á la par el que más huelga de toda instalación radiográfica, es el aparato en que se ha de colocar el sujeto objeto de la experiencia.

Decimos el que más huelga, porque encima de una cama, de una *chaisse-long*, de una mesa, en cualquier sitio, puede colocarse el enfermo, si su estado lo permite, é indispensable, porque de la comodidad con que el enfermo esté colocado dependerá el que durante la operación radiográfica no se mueva en absoluto, condición indispensable para obtener imágenes perfectamente determinadas y limpias.

Para atender á esta necesidad, diferentes modelos se han ideado: como ejemplo describiremos aquí dos de los que consideramos más útiles por su misma sencillez.

El representado en la figura 58, construído por Ducretet, tiene un respaldo *D* de elevación gradual para elevar la cabeza y el cuerpo; un sencillo mecanismo mantiene las piernas en una inclinación conveniente, por medio de los aparatos *SS'*; los pies del individuo se sostienen por medio de dos planchitas movibles en las tablas *Ta*. El *chasis C* se coloca de un modo fácil á la altura que se quiera.

La cama del Dr. Guilleminot, modificada por Massiot (figura 59), permite, sin mover al paciente, hacer exámenes radioscópicos ó radiográficos en ángulos determinados y distintos, además de ejecutar radiografías estereoscópicas. Se compone de cuatro montantes de madera, que en su parte media llevan un cuadro provisto de escotaduras para poder colocar en ellas un pupitre para las radiografías del pie ó de la cabeza. Sobre este cuadro puede ponerse un *chasis* independiente (fig 60), en que repose el enfermo, y sirve de parihuela independiente del apara-

to. En lugar del *chasis* se puede adaptar una serie de tablas movibles, al lado unas de otras, que permitan dejar entre sí un intervalo que muchas veces es útil. Por último, en la parte supe-

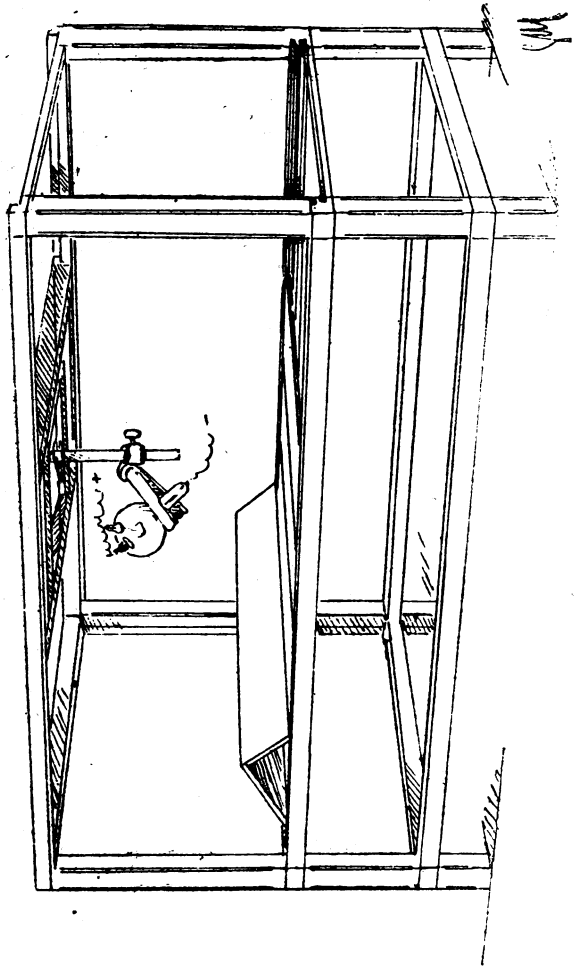


Fig. 59.—Cama radiográfica del Dr. Guilleminot.

rior de la cama lleva otro cuadro movible en todos sentidos, y que puede sostener uno ó dos tubos, los cuales, en caso de necesidad, pueden colocarse en la parte inferior para hacer la ilumi-

nación del sujeto de abajo arriba, en vez de hacerla de arriba abajo, como indica la figura.

III. PREPARACIÓN DE LAS PLACAS FOTOGRÁFICAS PARA SOMETERLAS Á LOS RAYOS X.—Si se opera en una cámara perfecta-

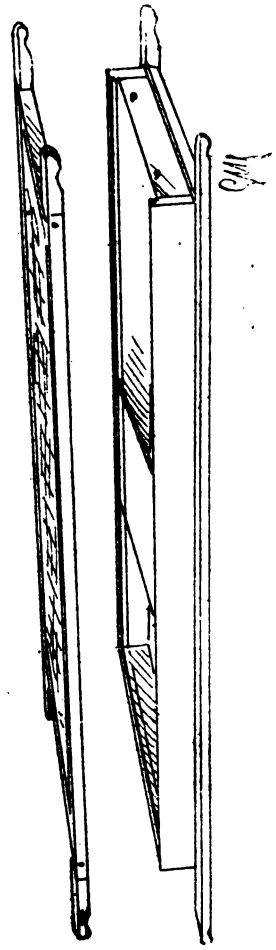


Fig. 60.—Chasis-parihuela del Dr. Guilleminot.

mente obscura, dicho se está que para hacer una radiografía no se necesita proteger las placas fotográficas, y el ideal de la Radiografía debiera ser éste, para colocar la región en experien-

cia en contacto inmediato con la cara sensible de la placa; pero aparte de tener que operar en la obscuridad, presenta, aun cuando no fuera otro, el inconveniente de que las exhalaciones cutáneas humedezcan la gelatina de la placa, y, si la exposición es un poco larga, la deterioren considerablemente.

Diferentes procedimientos son los que se usan para salvar estos inconvenientes: el más útil, práctico y á la vez sencillo, consiste en proteger la placa con papel negro sin brillo, del llamado en el comercio papel de agujas.

Para envolver las placas en el papel de agujas es conveniente emplear dos ó tres dobleces de este papel, á fin de que á través de las porosidades del mismo no penetren los rayos luminosos, colocando la cara sensible de la placa en la parte que el papel no se repliega, para evitar que el mucho espesor que los dobleces forman al hacer la envoltura ofrezca mayor dificultad al paso de las radiaciones, y, sobre todo, presenten distintos espesores.

Esta operación hay que hacerla como todas las en que se manejan placas fotográficas en una habitación obscura ó con una luz roja, para impedir que los rayos actínicos produzcan el velo en las placas; aunque se emplee esta luz debe disminuirse todo lo posible su intensidad, porque si es algo fuerte, á pesar de ser roja, suele velar las placas *extra-sensibles*, que se emplean en Radiografía.

Después de envueltas las placas en papel negro, pueden sacarse perfectamente á la luz, y si se quiere tener varias de ellas preparadas para las necesidades de la instalación radiográfica, conservándolas envueltas y teniendo siempre el cuidado de introducirlas en una caja para mayor garantía.

De todos modos hay que tener la precaución de colocar en una habitación lo más lejana posible de aquélla en que se produzcan los rayos X, todas las placas sensibles, pues de lo contrario, si están en la misma habitación que los rayos X, su impresión es infalible y son placas completamente inútiles; en caso de que fuera imprescindible el tenerlas próximas, se hallarán contenidas dentro de una muy gruesa y hermética caja de plomo.

No siempre puede hacerse uso de la envoltura de papel, porque el peso de la región que se va á radiografiar, ó las dimensiones de la placa, la hacen correr el peligro de romperse. Para evitar esto, se hace uso de los *chasis* de Radiografía, en que la tapa, en vez de ser de madera, es de una hoja delgada de aluminio, de ebonita ó de cartón. Dícese que los de madera tienen el inconveniente de dejar señalado el veteado en las placas radiográficas, lo cual no deja de ser una exageración, pues habiendo utilizado muchos *chasis* de madera, nunca hemos visto marcarse en la radiografía el veteado.

Úsense unos *chasis* ú otros, hay que cargarlos con las placas fotográficas, adoptando iguales precauciones que para envolverlas en el papel de agujas, es decir, en la cámara obscura, y procurando siempre que la parte sensibilizada de la placa sea la que esté en contacto con la cortinilla del *chasis*.

Radiguet denomina *chasis universal* (fig. 61) al aparato re-

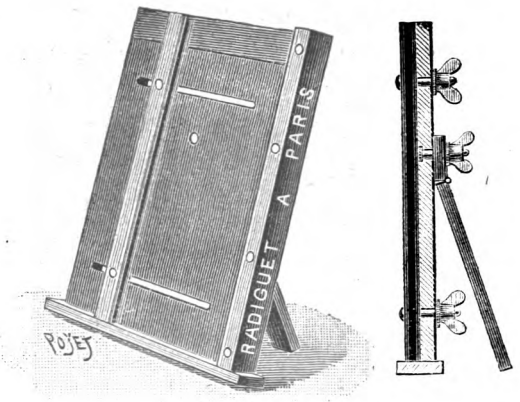


Fig. 61.—Chasis universal.

presentado en la figura 61, que es utilísimo para recibir la placa envuelta en papel negro, porque además de inclinarse y tomar distintas posiciones, ajusta perfectamente las placas, como se desprende del examen del grabado, y la defiende de las desiguales presiones.

IV. ASPECTO DE LOS TUBOS FUNCIONANDO Y COMPROBACIÓN DE SU PODER FOTOGRÁFICO.—Es conveniente antes de empezar una operación radiográfica, conocer el estado del tubo con que se va á operar. Al ocuparnos de éstos, ya dijimos que los tubos, según el grado de enrarecimiento del aire, eran más ó menos aptos para la operación radiográfica; que cuando nuevos, en general la fluorescencia no adquiría todo el desarrollo que son capaces de dar con el uso, denominándose entonces los tubos *blandos*. Un tubo blando no tiene tanto poder fotométrico como un tubo *duro*.

Distintos medios se han ideado para comprobar el grado fotométrico de los tubos, todos ellos debidos al eminente profesor de Física biológica de Rouen, M. Buguet, cuales son la comprobación óptica por medio del fotómetro de Foucault, la comprobación fotográfica, procedimientos que no hacemos más que enumerar por enojosos, y la comprobación electroscópica, fundada en el tiempo que dos hojas de oro tardan en aproximarse después de haberse electrizado, cuando se aproxima el aparato á una distancia determinada del tubo en función.

Todos los procedimientos, excepto este último, que es el de más fácil práctica, necesitan de un largo tiempo de que no siempre dispone el médico, y creo que con un poco de hábito y con sólo examinar el aspecto del tubo cuando pasa la corriente, y, sobre todo, por medio de la iluminación de una pantalla fluoroscópica, podrá formar siempre un juicio aproximado del estado del tubo que va á emplear, suficiente para decidirnos á utilizarlo en una operación determinada ó sustituirlo por otro.

El aspecto que toman los tubos productores de los rayos X cuando están iluminados, es el de un precioso color verde amarillento.

V. TIEMPO DE EXPOSICIÓN DE LA PLACA FOTOGRÁFICA.—Nada más difícil que determinar *a priori* el tiempo de exposición que debe darse á una placa fotográfica, por el gran número de factores que en su determinación entran, y á los cuales vamos á pasar revista:

1.° *Corriente y bobina*.—La intensidad de la corriente prima-

ria y el potencial de la bobina que se utiliza, son dos factores de importancia. Cuanto más intensa es la corriente primaria, no excediendo de los límites que la bobina puede soportar, reduce el tiempo de la exposición, porque aumenta la iluminación del tubo.

El potencial de la bobina ya hemos visto que no es problema completamente resuelto, y que no es necesario llegar á las bobinas de grandes dimensiones de *chispa* para obtener buenas radiografías; más interesante es el modo de funcionar y la naturaleza del interruptor empleado.

2.° *Interruptores.*—Como ya al ocuparnos de los diversos interruptores, así como en párrafos anteriores, al hablar en general de las instalaciones eléctricas, hemos insistido bastante respecto á este particular, basta con decir que el interruptor que produce una iluminación más intensa del tubo, será el que nos conducirá á una exposición más reducida de la placa.

3.° *Naturaleza y claridad del tubo.*—Este debe ser proporcionado al potencial de la bobina que se utilice, y ha de vigilarse con frecuencia su marcha por medio de la pantalla fluorescente, para modificar por medio de los reostatos la corriente primaria y poder mejorar, aumentando la intensidad de ésta, la iluminación del tubo.

4.° *Distancia del tubo.*—Cuanto más próximo está el tubo al objeto que se radiografía y á la placa sensible, más breve será la exposición; pero esta ventaja tiene algo de ilusoria, puesto que lo que se gane en brevedad de tiempo de exposición, se pierde en claridad de la imagen.

Como la radiografía es la proyección de una sombra sobre la placa, dicho se está que cuanto mayor sea la distancia á que se halle colocada, más clara será la imagen que produzca, porque la penumbra disminuye, según leyes físicas de todo el mundo conocidas. Por otra parte, como siempre se debe procurar en lo posible que la imagen radiografiada sea de dimensiones iguales á las del objeto que se investiga, por las mismas leyes la imagen radiografiada será tanto más grande cuanto mayor sea la proximidad del tubo, é inversamente, cuanto más separado se

halle el objeto, la imagen acusará dimensiones más aproximadas al modelo.

Por tanto, es conveniente operar dentro de cierto límite, según la región que se radiografíe, y el mayor ó menor espesor de la misma, según los individuos.

Sólo como ejemplo citaremos, como distancia á que colocar los tubos, las siguientes:

Mano, de 15 á 20 centímetros.

Brazo, de 30 á 35.

Pierna, de 55 á 60.

Cabeza, pelvis y tórax, de 70 á 80.

Como condensación y complemento de cuanto se refiere al tiempo de exposición, vamos á copiar á continuación lo que respecto á este particular dice el profesor Buguet en su *Técnica médica de los rayos X:*

«La distancia que define el tiempo de exposición, depende:

»1.º Del tiempo *T* que se pueda esperar que el sujeto permanezca en la inmovilidad absoluta.

»2.º Del espesor y de la opacidad de las partes del objeto que debe ser atravesado por los rayos X.

»3.º De la distancia *h* de la placa á la parte más interesante del objeto (cuerpos extraños, etc., etc.)

»4.º De las dimensiones transversales (*l*, dimensión mínima) de la parte ó región que interesa.

»5.º De las dimensiones del foco de los rayos X (*D*, diámetro del foco).

»6.º De la importancia que pueden tener las deformaciones, que son tanto mayores cuanto el objeto es más grueso, el punto que se busca más lejos de la placa, y el foco lo más cerca posible de esta misma placa.

»7.º De la sensibilidad de la placa.» Hay que suponer que ésta es siempre la mayor posible (fig. 62).

«Para precisar: supongamos que se trata de descubrir un perdigón en una mano, á distancia *h* de la palma, que está exactamente aplicada á la placa.

»La limpieza de la imagen de este grano de plomo será per-

fecta si toca á la placa, lo será tanto menos cuanto más alejada esté, en cuyo caso está representada por una mancha esfumada del centro hacia los bordes, que es la sección sobre la placa del cono de penumbras $S'\ p\ P\ P'$. Puede admitirse que la limpieza será inversamente proporcional al diámetro $PP' = d$ de esta penumbra.

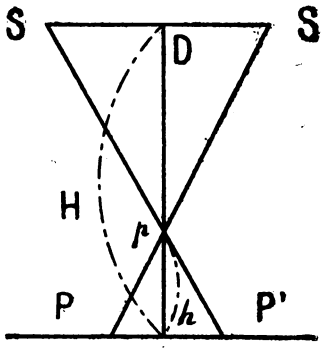


Fig. 62.

»Los triángulos semejantes de la figura dan

$$\frac{d}{h} = \frac{D}{H - h}; \quad \text{de donde} \quad d = D\,\frac{h}{H - h} = D\,\frac{h}{D\,p};$$

ecuación que demuestra que la exactitud será inversamente proporcional á D y h y proporcional á la distancia $D\ p$. Si admitimos que la limpieza es todavía perfecta, aun cuando $d = 0^{mm},2$, se ve que la limpieza perfecta está determinada por la ecuación

$$0,2 = D\,\frac{h}{H - h}$$

expresada por milímetros.

»La distancia H necesaria será $H = \frac{D}{0,2}\,h - h = 5Dh - h$

milímetros. Si el aparato productor es un tubo Colardeau en que el foco tiene próximamente cuatro milímetros de diámetro, se tendrá

$H = 5 \times 4\,h - h = h\,(20 - 1) = 19\,h$ milímetros;

que la distancia á la placa debe ser 19 veces, ó sea, aproximadamente, 20 veces la distancia del objeto á la placa.

»Si, por ejemplo, pensamos que el perdigón está á un centímetro de la placa, se dispondrá el foco á 20 centímetros. La experiencia ha demostrado que en estas condiciones con el tubo accionado por bobina, de 10 á 12 centímetros de chispa y de frecuencia rápida, bastan de dos á tres minutos de exposición para obtener todos los detalles deseables de una mano adulta; pero en general se puede reducir mucho más este tiempo.

»En efecto: si nos proponemos investigar un perdigón, se sabe que sus dimensiones son más considerables que las que hemos supuesto, y, por tanto, dará un cono de sombra absoluto, tanto más abierto cuanto más grande sea. Los límites del cono de penumbra se extienden á la vez, de modo que la visibilidad aumenta rápidamente; se podrá, pues, disponer el foco mucho más cerca que para buscar un cuerpo puntiforme.»

«Si el perdigón es gordo y próximo á la cara palmar, podremos contentarnos con 10 y aun 5 centímetros, y en este caso la exposición se reducirá sensiblemente á $^1/_6$ de lo que anteriormente decíamos, de diez á quince segundos.»

«La intensidad de la acción fotográfica está, en efecto, poco más ó menos en razón inversa del cuadrado de la distancia del foco (como si se tratara de la luz ordinaria).»

A fin de reducir la exposición, se deberá siempre disponer la experiencia de modo que el objeto que se investiga esté lo más cerca posible de la placa: así se aplicará sobre ella la cara palmar ó la cara dorsal de la mano, según que el objeto se crea más próximo á la una ó á la otra.

La duración de la exposición depende muy principalmente de la naturaleza de los cuerpos que tienen que atravesar los rayos X, y de su espesor. Cuanto más gruesa sea la región que haya que radiografiar, mayor debe ser el tiempo de exposición.

Teniendo en cuenta que nuestro examen se dirige á enfermos, hay que saber que ciertas substancias de las que se utilizan en las curas antisépticas, unas son poco transparentes, otras opacas, y algunas perfectamente transparentes á los rayos X.

Hállanse entre las opacas el iodoformo, el sublimado corrosivo y el permanganato potásico; tiene mediana transparencia el ácido fénico; y son completamente transparentes la mayor parte de los demás antisépticos.

La sensibilidad de la placa influye poderosamente en el tiempo de exposición, habiéndose conseguido reducirlo considerablemente con las placas extra-sensibles que hoy se fabrican.

Para calcular este tiempo nada hay preferible á la práctica; sin embargo, existen aparatos de alguna utilidad para poder apreciar el tiempo que se le debe dar, entre otros varios el X—Posómetro Buguet (fig. 63), cuyo modo de funcionar hállase

Fig. 63.—Posómetro Buguet.

expresado perfectamente en el catálogo del constructor M. Radiguet y en las instrucciones que acompañan á estos aparatos, por lo cual nos dispensaremos de entrar en detalles respecto á su uso y porque consideramos que complica inútilmente el material necesario, y nada da mejores resultados como una buena práctica.

Colocación del tubo.—Calculada la distancia á que el tubo debe colocarse, no nos queda más que orientarle en la debida dirección.

Diferentes procedimientos existen para disponer la posición del tubo, que siempre ha de procurarse sea tal que el punto de mayor iluminación coincida con la parte más interesante de la radiografía (fig. 64) (1). En general basta bajar una perpen-

(1) Multitud de trabajos se publican á diario sobre las incidencias

dicular, por medio de una plomada, desde el centro del anodo al punto de mayor espesor, ó aquél cuyos mayores detalles de-

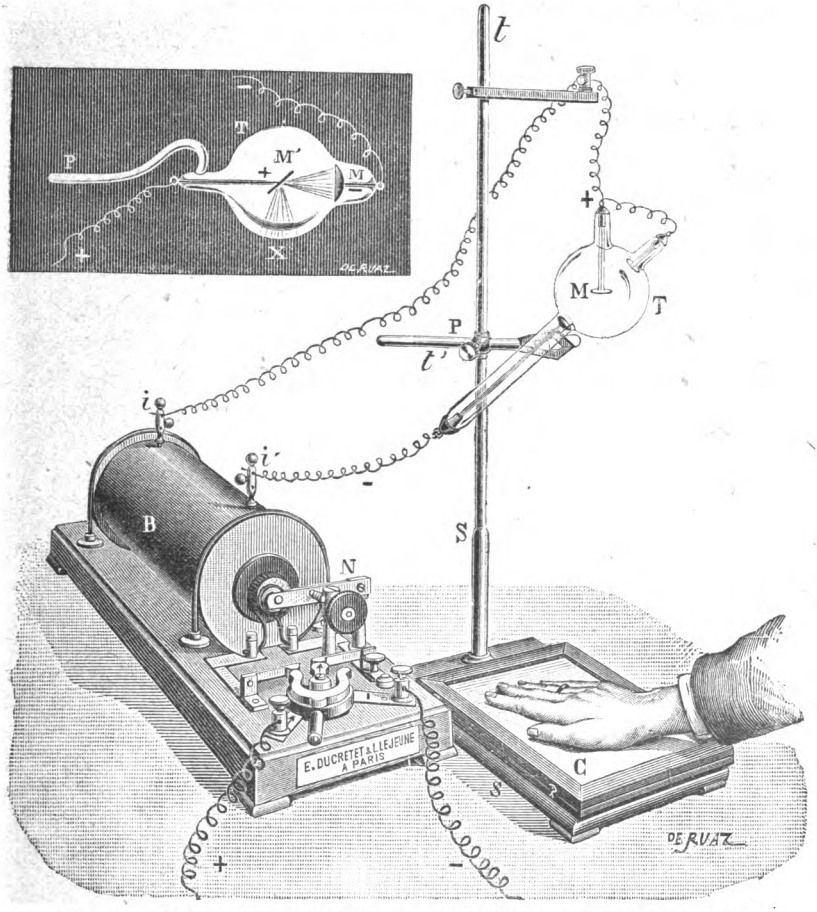


Fig. 64.—Colocación del tubo.—Incidencia normal de los rayos X.

seamos conocer. La normalidad en la incidencia de los rayos

en radiología, que dan origen á diversos procedimientos, muchos de ellos complicadísimos, que forman parte de la llamada *radiografía de precisión*. Los estudios de mayor utilidad, y que pueden consultarse con provecho, son los de Guilleminot.

evitarán malas interpretaciones de las placas radiográficas, puesto que si las radiaciones no caen normalmente sobre las placas, las sombras se verán deformadas.

Radiguet ha construído, para obtener de un modo rápido la noción de la incidencia, un aparato que lo titula *radioguía*, que se compone (fig. 65) de un bloque de madera en el que se hallan engastados discos metálicos concéntricos colocados en planos diferentes; un vástago perpendicular á este plano atraviesa el aparato en su centro y se fija normalmente á una placa porta-pantalla fluorescente. La madera y la pantalla se unen por una barra de metal, á lo largo de la cual se ha colocado un mango para manejar fácilmente el aparato.

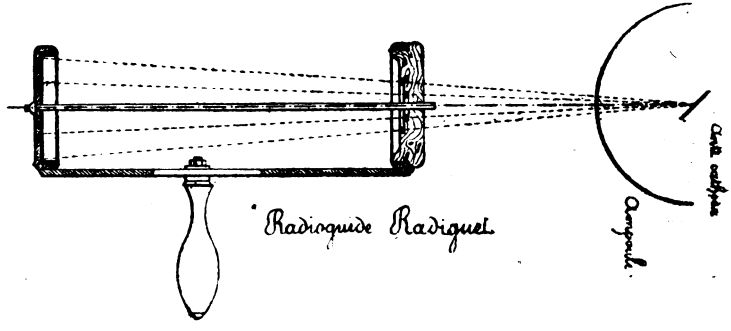


Fig. 65.—Radioguía Radiguet.

Estando iluminado el tubo radiográfico, se toma el aparato por el mango, y dirigiendo el bloque de madera á unos 25 centímetros del tubo, se procura percibir la sombra de los círculos metálicos que se proyectan sobre la pantalla. Orientando el aparato, se llega á conseguir que las sombras sean concéntricas.

Es evidente que en el momento en que esto se consigue, la dirección del eje del cono de emergencia que ha producido las sombras está representado por el vástago central.

Si hay un punto cuyo examen interese más en el sujeto, hay que hacer que coincida este punto con la dirección conocida de los rayos X que nos ha señalado el aparato radioguía.

Radiografía estereoscópica.—Como las imágenes de la radiografía ordinaria no dan idea del orden de superposición de los planos, ni de las distancias entre éstos, porque son representación de cuerpos vistos por transparencias, y como algunas veces puede ser conveniente ver los cuerpos en relieve para poder observar la distancia de los diversos planos, se ha acudido á la Radiografía estereoscópica.

Los primeros que se han ocupado de Radiografía estereoscópica han sido A. Imbert y H. Bertin-Sans, cuyos estudios han sido confirmados por Ribaud, y especialmente por T. Marie, que han alcanzado gran perfección en sus trabajos.

Dos son los procedimientos que se emplean para hacer pares estereoscópicos: por medio de un solo tubo, en cuyo caso se coloca el modelo en dos posiciones oblicuas á la normal, impresionando dos placas separadas, ó las dos mitades de una placa; ó por medio de dos tubos colocados á cierta distancia uno de otro. Después de impresionadas las placas y obtenido las positivas, hay que colocar el par estereoscópico en el pupitre especial que ha construído *ad hoc* M. Chabaud, ó en un estereóscopo, siendo el más recomendado por los autores que del particular se ocupan el de Caze.

La Radiografía estereoscópica, capítulo que llegará á ser el más interesante de la radiografía de precisión, está en pleno período de evolución; y aunque muy rápidos sus progresos, no han llegado todavía á la perfección y sencillez necesaria para hacer de ella un procedimiento de observación clínica, por cuyo motivo no hacemos más que el enunciado de este proceder radiográfico, del que es dado esperar grandes resultados el día, quizá cercano, en que se simplifiquen los procedimientos y disminuyan las dificultades para el examen de los pares radiográficos estereoscópicos.

CAPITULO III

MANIPULACIONES FOTOGRÁFICAS

I. Elección de placas.—El primer cuidado que se debe tener al tratar de hacer una radiografía, es el de elegir la placa sensible que se ha de impresionar, tarea no siempre fácil, porque á pesar de lo breves que en la actualidad son las exposiciones á que se someten, siempre son relativamente largas, por cuya causa se produce el *velo*, debido á tres causas generales que han intentado remediarse, consiguiéndolo en parte, aunque no de un modo absoluto.

Son éstas: primero, la exposición larga; segundo, la dificultad de adaptarse el sujeto objeto de la radiografía á la superficie de la placa; y tercero, la difusión tan enorme que los rayos X tienen, origina las que se han denominado radiaciones parásitas, que se hacen sensibles y marchan en todas direcciones.

De distintas maneras se ha tratado de evitar el velo tan enojoso y tan común en las radiografías, causa de esos clisés grisáceos de pocos detalles que son la desesperación de los radiógrafos.

Desde luego, en tesis general puede decirse que cualquier placa sensible es utilizable en Radiografía si lo es para la fotografía ordinaria, siendo preferibles aquéllas que necesitan menos tiempo de exposición, es decir, las más sensibles; pero, en general, las construídas para la fotografía, aun cuando los rayos X se conduzcan con ellas lo mismo que la luz ordinaria, necesitan siempre una exposición larga, y sólo en caso de absoluta necesidad y no teniendo placas *ad hoc* las utilizaremos.

Todos los fabricantes de placas radiográficas han tratado de

corregir y evitar el velo: unos procurando aumentar la sensibilidad de las placas, otros construyendo placas de capa muy gruesa, ó con muchas capas, creyendo que siendo mayor el grosor de la capa sensible, puede obtenerse mayor intensidad, sin tener en cuenta que las placas de muchas capas ó mucho grueso tienen el inconveniente de exigir una revelación larguísima y una serie de manipulaciones fotográficas muy difíciles.

Las placas de doble capa sensible presentan la ventaja de obtener radiografías dobles, una en cada una de las caras; pero tienen, en cambio, dos inconvenientes gravísimos para las radiografías delicadas: el 1.°, que aun cuando el cristal sobre que se cimentan las capas sensibles sea muy delgado, conociendo como conocemos la ley de las sombras, se comprende que las delimitaciones no pueden ser tan exactas como si se tratara de una sola; 2.°, lo fácilmente que se avería una de las capas sensibles al verificar las manipulaciones fotográficas. En la actualidad, Graffe y Jougla construyen placas radiográficas extra-sensibles, de gran vigor y sin velo. Además de estos industriales, las fabrican Lumière, Monkoven y otros muchos.

De todas maneras, á pesar de la bondad de las placas que hoy están al alcance de todo el mundo, hay que rodearse de ciertas precauciones y utilizar ciertos medios á fin de que las exposiciones sean rápidas y se evite todo pretexto de velo.

Uno de los medios propuestos ha sido el uso de las pantallas reforzadoras, que no son otra cosa más que láminas fluorescentes, de que más adelante nos ocuparemos, utilizando la radiación tan potente que en ellas se produce, y que ayuda indudablemente á reducir las sales de plata, disminuyendo de este modo considerablemente el tiempo de exposición; pero ante estas ventajas no despreciables, presenta el uso de las pantallas reforzadoras el inconveniente de que si el grano de la pasta fluorescente es algo grueso, se señala en el clisé y enmascara los detalles, lo cual es un defecto cuando se trata de radiografías de precisión.

Si el objeto de la radiografía es, por ejemplo, el de investigar la existencia de un cuerpo extraño, la de una fractura completa en la que no sean precisos grandes detalles, entonces podrá uti-

lizarse este medio por la gran reducción de tiempo de exposición que supone.

Otra de las prácticas generalmente seguidas para evitar el velo es la colocación de una plancha de plomo, por debajo de la placa sensible, para evitar los inconvenientes de las radiaciones parásitas, cuyo uso indudablemente ha dado lugar á la aplicación

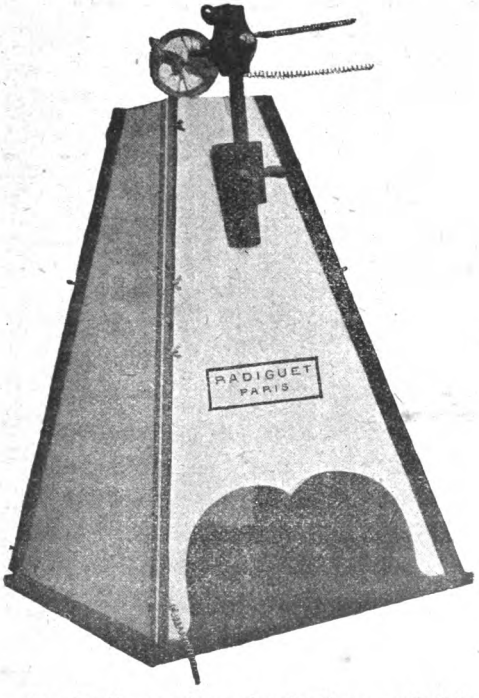


Fig. 66.—Radio-condensador Radiguet y Guichard.

del *radio-condensador* que representamos en la figura 66, debido á M. Radiguet y Guichard, los cuales han creado, por medio de este aparato, una atmósfera de condensación con paredes impermeables ó muy resistentes al paso de los rayos X en la pirámide triangular que representa la figura 66, cuyas paredes de madera están revestidas de planchas de plomo. Han adoptado la

forma de pirámide con objeto de asemejar en lo posible su figura á la forma cónica que toman los rayos X al difundirse. En la parte superior se coloca el tubo, y en la inferior la placa fotográfica.

Las placas fotográficas, de fácil manejo, pueden ser sustituídas en algunas ocasiones por las películas, que tienen la ventaja de no romperse, por muy pesada que sea la región que se haya de radiografiar, aun cuando presentan el inconveniente de ser menos sensibles y alcanzar mayor precio. Pueden también sustituir á las placas y las películas los papeles preparados por el *gelatino-bromuro de plata*, tan utilizado en fotografía para las ampliaciones, aun cuando los contrastes no suelen ser muy salientes, en cambio de la comodidad de que puede entregarse la radiografía al interesado á los pocos minutos.

Las ventajas del uso de este papel pueden sumarse á las de las placas, impresionando á la vez una placa y un papel al *gelatino-bromuro de plata*, consiguiendo de este modo un ejemplar permanente, dado por la placa, para el archivo y una radiografía rápida con que poder satisfacer las impaciencias justificadas del médico y enfermo.

II. DESARROLLO DE LAS PLACAS IMPRESIONADAS.—Una vez impresionada por los rayos X una placa fotográfica, puede el médico entregarla á un taller de fotografía, en donde se encargarán de todas las manipulaciones fotográficas indispensables hasta entregarnos un ejemplar completamente terminado; pero como esto no siempre es posible, se hace necesario que el radiógrafo pueda hacer toda la serie de manipulaciones que son indispensables, por sí mismo, con lo cual le bastará, si no conoce el arte fotográfico, estudiar cualquier Manual de fotografía que tan corrientes son hoy, en que este arte ha llegado á constituir casi un *sport*.

Las placas radiográficas se tratan exactamente igual que las placas fotográficas impresionadas por la luz. La primera operación que exige es la del *revelado*, que debe hacerse en un cuarto

completamente obscuro, sin entrada de rayos luminosos, sin más luz que una débil y completamente roja para no correr el riesgo de velar la placa.

Creyéndonos dispensados de detallar las cubetas, buretas y demás aparatos que forman parte de un laboratorio fotográfico, sólo daremos ligeras nociones acerca de los reveladores más convenientes.

Uno de los temas más discutidos entre los que á la práctica de la Radiografía se dedican, es el de designar qué clase de reveladores son los más útiles, si los de acción lenta ó los de acción rápida. Desde luego podemos asegurar que el revelador mejor será aquél más conocido, por ser con el que haya manipulado mayor número de veces el operador, pero de un modo general, como las placas sensibilizadas por los rayos X son siempre análogas á las placas de escasa exposición fotográfica, el revelador preferible será el más rápido y el que ataque mejor todo el espesor de la capa de *gelatino-bromuro*.

El revelador por excelencia es el que aconseja M. Londe en su tratado práctico de Radiografía y Radioscopia.

La fórmula es la siguiente:

Agua destilada.....	1.000	cc.
Sulfito de sosa anhidro.....	150	gr.
Hidroquinona.....	7,5	gr.
Carbonato de potasa.....	40	gr.
Metol.....	5	gr.

Este baño se prepara en caliente en una cápsula de porcelana, en la que se van disolviendo los productos en el orden expresado, agitándolos de un modo continuo hasta la completa disolución. Después de hecha la disolución se filtra, y para hacer el revelado no hay más que verter la disolución expresada sobre la placa colocada en la cubeta, de un modo rápido, y haciendo que la cubra por completo. Hay que mover constantemente la cubeta, á fin de que todas las partes del líquido se pongan en contacto con la placa, porque, de lo contrario, el desarrollo será des-

igual, y las manchas que se producen podrían considerarse como sombras anormales.

Una vez obtenida la revelación, puede conservarse este baño para desarrollar un nuevo clisé que no esté escaso de exposición.

Otro revelador muy conveniente es el de *amidol* y mejor el de *diamidol resorcina*, el cual se prepara con un gramo de *amidol* ó *diamidol resorcina* disuelto en 100 centímetros cúbicos de una solución de sulfito de sosa anhidro al 20 por 1.000. La disolución total se vierte sobre la placa hasta cubrirla completamente; en caso de que la revelación sea tardía, es decir, que la imagen tarde en presentarse, se la puede añadir algunas gotas de una solución saturada de sulfito de sodio anhidro; y si, por el contrario, es demasiado rápida, si se ha empleado el baño *diamidol resorcina*, puede añadírsele de uno á cinco centímetros cúbicos de una solución de bromuro de potasio al 10 por 100, lo cual retardará la presentación de la imagen.

Otro revelador que presenta como éste la ventaja de poder acelerar ó retardar la presentación de la imagen, es el de *ácido pirogálico*, descrito en todos los tratados de fotografía, y que tiene grandes ventajas, como lo demuestra el ser el revelador empleado por todos los fotógrafos de profesión, pero que para el médico tiene el inconveniente de manchar los dedos.

Un revelador, aun cuando lento, muy práctico, y, sobre todo, de gran economía y muy fáciles de encontrar sus componentes en todas partes, es el constituído por el *sulfato de hierro* y el *acetato neutro de potasa*, el cual está constituído por dos soluciones: una de sulfato de hierro puro al 30 por 100, y otra de oxalato neutro de potasa en la misma proporción, cuyas soluciones se mantienen en frascos separados y no se mezclan hasta el momento preciso de hacer uso de ellos; se prepara en una copa de ensayo ó probeta, poniendo una parte de la solución de hierro y tres partes de la de oxalato de potasa.

Sea cualquiera el revelador que se emplee, hay que mover ó balancear constantemente la cubeta para evitar que la imagen se presente de un modo desigual, produciéndose manchas que dan

lugar á errores de interpretación. La imagen va apareciendo poco á poco, dibujándose una silueta blanquecina; cuando se hace grisácea, debe examinarse el dorso de la placa, y cuando la coloración del fondo sea uniformemente negra y no queden blancos puros en la imagen revelada, el desarrollo de la placa ha terminado.

Un consejo que no debe olvidarse nunca es que jamás deben dejarse las placas con defecto de revelación: es preferible que tenga un exceso, puesto que los contrastes serán más enérgicos.

Una vez terminada la revelación, debe lavarse la placa con agua corriente para quitarle el exceso de revelador, é inmediatamente introducirla en un baño que contenga 200 gramos de hiposulfito de sosa por litro de agua, cuya operación constituye el *fijado* de la placa, y tiene por objeto hacer desaparecer todo vestigio de sal argéntica que en ella quede. Debe permanecer en este baño hasta el momento en que se ve que los últimos vestigios blanquecinos han desaparecido al examinar el dorso de la placa; una vez terminado el fijado de la placa, se lava en agua corriente ó renovada con gran frecuencia, operación que debe hacerse con gran detenimiento en beneficio de la bondad de los clisés; una vez lavada la placa, se pondrá á secar en un sitio que no sea húmedo y resguardado del polvo, y nunca intentando secarla con más rapidez por medio del calor. Cuando urge el terminar esta operación, entonces es preciso introducir la placa, después de lavada, en alcohol de 90 ó 95 grados durante cinco ó diez minutos, en cuyo caso, al separarla del alcohol, queda seca en muy poco tiempo.

Una vez que estemos en posesión del clisé negativo radiográfico, puede decirse que verdaderamente termina la misión del radiógrafo, puesto que en el negativo se observan en ocasiones muchos detalles que se hace difícil observar en la reproducción fotográfica por medio de positivas.

Dejando á un lado las discusiones de interpretación que entre varios autores todavía existen, debemos decir que el modelo radiográfico, si se observa por transparencia del lado de la parte sensibilizada de la placa, la imagen está invertida, es verdade-

ramente negativa: una mano derecha, parece izquierda; pero si examinamos el clisé por transparencia, observándolo por el dorso, nos dará la impresión exacta, como si examináramos por medio de la Radioscopia el modelo radiografiado, es decir, se verá en la misma disposición que las sombras han impresionado á la placa; por el contrario, el examen de la reproducción positiva en papel resultará á su vez invertido.

III. PRUEBAS POSITIVAS.—Como muchas veces no es oportuno transportar por lo frágiles los clisés radiográficos, conviene tirar la prueba positiva, lo cual se hace por medio de prensas como en fotografía ordinaria, exponiéndolas al sol para impresionar los papeles sensibles que el comercio vende preparados.

Para obtener las positivas, después de bien seco y limpio el clisé negativo, se coloca en el *chasis-prensa*, de modo que la cara de aquél, que está desprovista de gelatina, toca con el cristal de la prensa, y sobre la gelatina se pone el papel sensible por la cara que lo es, por la que brilla; se cierra la prensa y se pone á impresionar directamente al sol si el negativo es vigoroso; á la sombra si, por el contrario, el clisé es débil. De cuando en cuando se abre la prensa para ver la impresión del papel, para suspenderla en el momento en que haya adquirido bastante intensidad, teniendo siempre presente que la prueba debe ser bastante más obscura que el color que se desee obtener, porque éste baja con las manipulaciones á que hay que someterlo.

La prueba así obtenida se la somete á las operaciones del virado y fijado; para la primera, después de lavar los positivos en una cubeta de agua para arrastrar la parte de nitrato de plata no impresionada, se la sumerge en un baño que puede estar formado por la disolución siguiente:

Cloruro de oro.....	1 gramo.
Acetato de sosa fundido.....	30 —
Agua.....	2.000 —

(*) A poco tiempo de estar en este baño toma un color rojizo, que se va haciendo violado hasta adquirir el tinte negro azulado de las buenas fotografías. Cuando ya han adquirido este color, se lava la prueba y se procede á fijarla, sometiéndola á un baño de hiposulfato de sosa disuelto en agua en la proporción de un 15 á 20 por 100.

Todavía debe procederse á un nuevo y muy prolongado lavado, á ser posible, en agua corriente, ó por lo menos frecuentemente renovada.

Una vez bien lavada la prueba, se pone á secar al aire libre suspendiéndola por uno de sus ángulos, con lo cual habrán terminado las operaciones fotográficas, no quedando más que pegar la positiva en una cartulina para conservarla mejor.

Para terminar, debemos decir que ningún médico interesado por su enfermo debe contentarse con el examen de una prueba positiva; debe siempre examinar á su vez el clisé que la ha producido, en donde es muy posible que encuentre detalles que al hacer la reproducción no se evidencien con la claridad que en el clisé negativo.

(*) De los buenos lavados, de la limpieza y pureza de los baños, dependen muy principalmente los buenos positivos y negativos fotográficos. Unas gotas que salpiquen y se mezclen de dos baños distintos, darán clisés y pruebas manchadas.

CAPITULO IV

TÉCNICA RADIOSCÓPICA

La Radioscopia, ó sea el examen de las sombras proyectadas por los rayos X que atraviesan un modelo y se proyectan en una pantalla fluorescente, ha de ser objeto de un ligero examen, puesto que todo lo manifestado al ocuparnos de la técnica radiográfica tiene aplicación á la Radioscopia, porque el estudio de los tubos, colocación de modelo, distancia de éste al tubo, aproximación de la pantalla al objeto que se examina, todo es igual.

Fundada la Radioscopia en la propiedad que tienen algunos cuerpos de hacerse luminiscentes al ser impresionados por los rayos X, ha hecho posible la visión instantánea de las partes opacas del cuerpo humano.

Diferentes son las substancias capaces de iluminarse por los rayos X, y entre ellas citaremos el tungstato de calcio, el sulfuro de la misma sal, el platinó-cianuro de potasio y muy especialmente el platino-cianuro de bario, que es el que en más alto grado posee la fluorescencia y fué el que sirvió de base al feliz descubrimiento de Roentgen.

El aparato indispensable es la pantalla fluorescente, compuesta en general de una hoja de cartón, de mica, celuloide ú otra substancia transparente á los rayos X, en la que, por medio de una emulsión de goma ó gelatina, se adhiere la substancia fluorescente que ha de constituir la verdadera pantalla. En general, se emplean las de *platino-cianuro de bario* finamente pulverizado y tamizado, pero no hasta tal punto que no quede forma de cristalización, pues entonces disminuye el poder luminoso de esta sal.

Soportes y aparatos fluoroscópicos.—Las pantallas fluorescentes

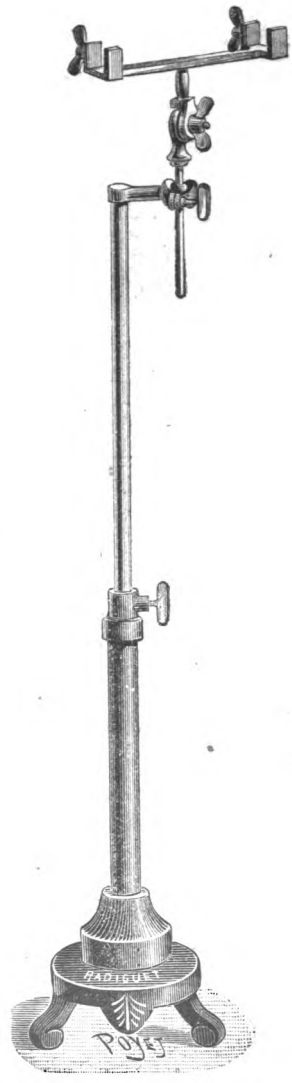


Fig. 67.—Soporte para pantalla.

se utilizan colocadas en soportes de los que hay multitud de modelos: uno de los más prácticos es el que representamos en la figura 67; pero cuando se utiliza una pantalla debe evitarse la ingerencia de toda luz extraña á la radiación roentgiana, por cuyo motivo la habitación en que se haga el examen ha de estar completamente obscura; tapar el interruptor, si la chispa que produce es visible, y aun encerrar el tubo productor de los rayos X en una caja de cartón, cuya cara activa está constituída por una hoja de papel negro del que hemos recomendado para envolver las placas.

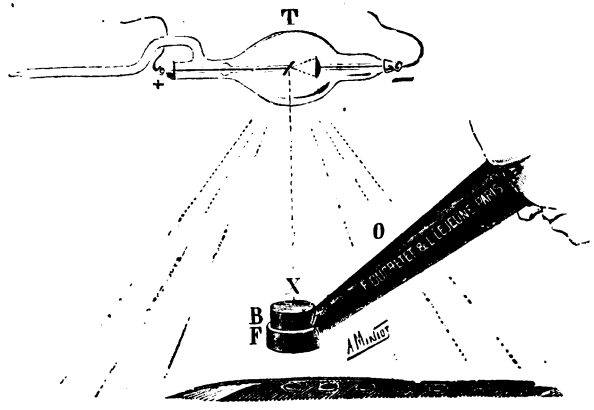


Fig. 68.—Fluoroscopio explorador de Ducretet.

A fin de evitar el inconveniente de tener que dejar la habitación obscura, se han ideado aparatos, entre ellos el fluoroscopio explorador de Ducretet (fig. 68), que se compone de una caja cerrada *B*, cuya parte superior *X* es permeable á los rayos X, los cuales atraviesan un disco *F* de platino-cianuro de bario, que está colocado en la parte iuferior del fondo de la caja *B;* un tubo oblicuo permite observar á la luz del día el interior de esta pequeña cámara negra y darse cuenta de la luminosidad de la pantalla *F* cuando sobre ella actúan los rayos X.

Si este aparato se utiliza interpuesto entre el tubo productor de los rayos y el objeto que se va á examinar, podrá verse la

representación radioscópica del modelo, aun cuando en un campo muy limitado por las dimensiones del aparato.

Para exámenes radioscópicos, el mismo autor da el aparato representado por la figura 69, en que la pantalla puede moverse entre los dos montantes *M M'* y fijarse á la altura conveniente,

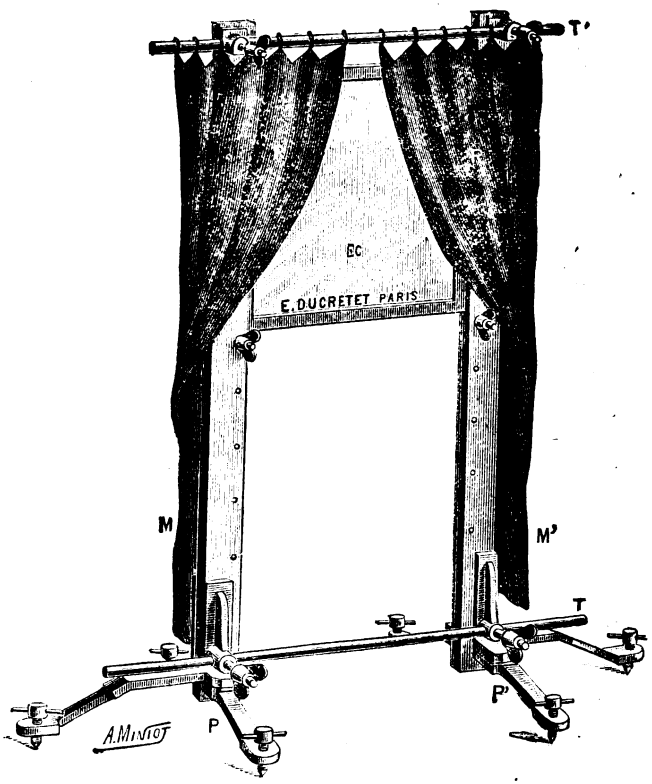


Fig. 69.—Pantalla fluorescente Ducretet.

á la vez que las gruesas cortinas negras que en el grabado se ven sirven ó hacen el efecto de cámara obscura.

A Edison se debe el verdadero fluoroscopio, que consiste en una caja (fig. 70), de forma cónica terminada en una pantalla, en que se adaptan perfectamente los ojos y en cuya base se coloca

la lámina fluorescente. Es de un uso cómodo y se construye de dimensiones suficientes para poder hacer el examen con bastante rapidez á plena luz del día.

A fin de evitar el volumen del fluoroscopio de Edison, se ha hecho de fuelle, permitiendo reducir su tamaño. Este modelo es el que aconsejamos para las ambulancias por las escasas dimensiones á que se puede reducir.

La facundia de los constructores ha dado multitud de soportes y cámaras de volumen relativamente reducido: una de las que

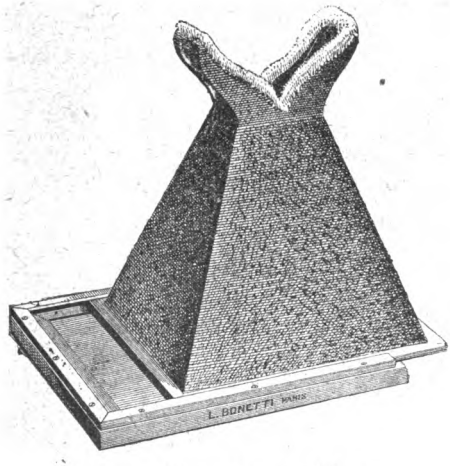


Fig. 70.—Fluoroscopio Edison.

resultan bastante práctica es la representada en la figura 71, debida á Bonetti, montada sobre ruedas; la pantalla y el tubo se mueven á la vez, quedando siempre á la misma altura.

Además de estos aparatos se han construído otros muchos auxiliares, como son mesas y camas apropiadas, de las cuales no nos debemos ocupar después de lo que sobre el particular hemos dejado apuntado al tratar de la técnica radiográfica.

Examen radioscópico.—Para verificar el examen radioscópico, hay que interponer el modelo entre el tubo y la pantalla fluorescente, estando en perfecta obscuridad cuando se use ésta, pu-

diendo hacerlo en pleno día, como ya hemos manifestado cuando se utilice un modelo cualquiera de fluoroscopio.

No hay que olvidar ninguna de las observaciones que hemos

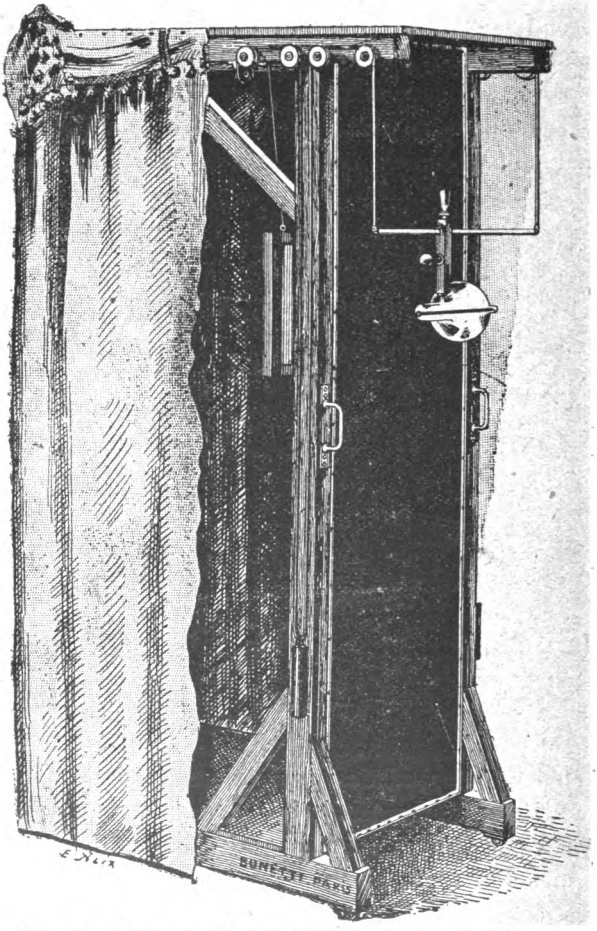


Fig. 71.—Cámara obscura para fluoroscopia, Bonetti.

hecho ya respecto á la orientación de los tubos, distancia del modelo, pues siempre la imagen será de límites más claros cuanto mayor sea la distancia á que se coloque el tubo; pero sin

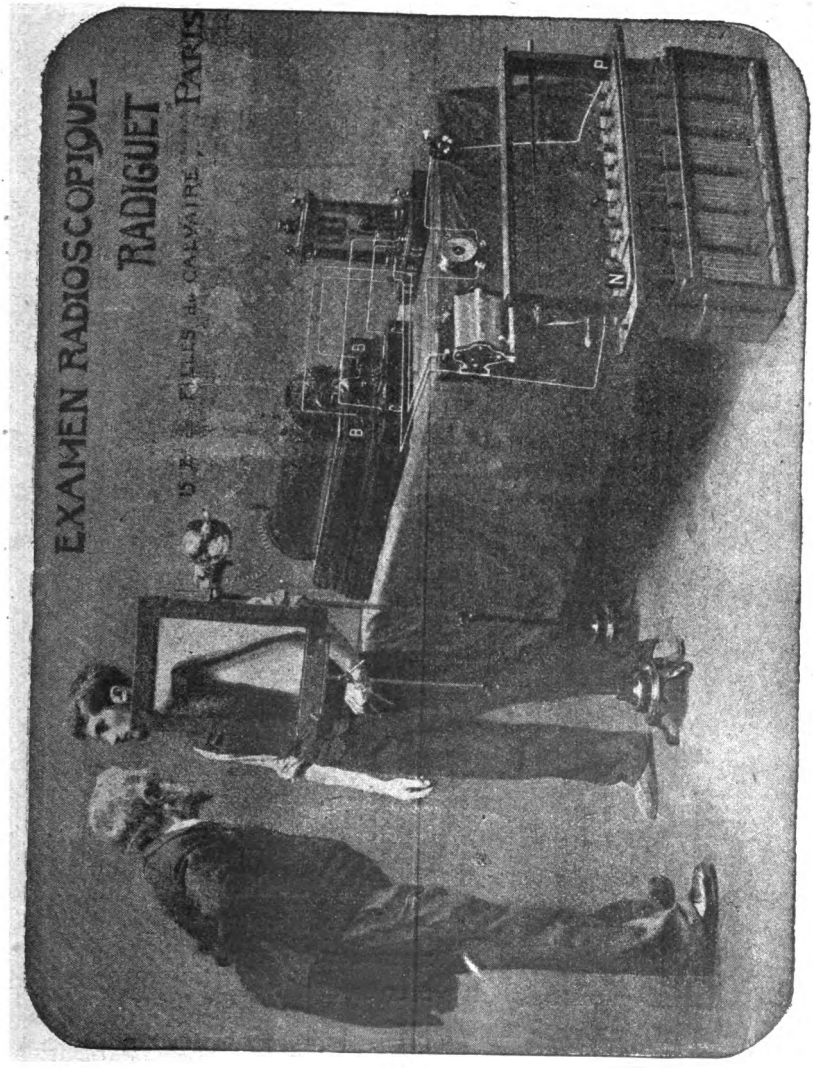


Fig. 72.—Examen radioscópico.

rebasar los límites que imponga primero su potencia luminosa, y en segundo lugar el espesor de la región que se examina.

El examen radioscópico debe hacerse con calma suficiente, puesto que hay que habituar la visión al nuevo medio obscuro en que se practica el examen, para lo cual se necesita un tiempo bastante largo, que en algunas ocasiones puede llegar hasta exigir el espacio de veinte minutos para poder percibir todos los detalles y acomodar la retina. En un examen radioscópico las partes en que los rayos X llegan directamente á la pantalla se ven perfectamente iluminadas; con algo menos de luminosidad las zonas correspondientes á los tejidos blandos, quedando completamente opacas las impermeables á los rayos X; resultando de todo ello una proyección de sombras que debe interpretar el operador.

Lo mismo los fluoroscopios que las pantallas deben estar en perfecto contacto con la región que se examina.

Por último, diremos que el examen radioscópico no siempre es suficiente, y muchas veces escapan á la vista detalles y aun la existencia de cuerpos extraños que la Radiografía pone de manifiesto; por lo tanto, no debe nunca el clínico darse por satisfecho, si no encuentra los detalles que busca en el examen radioscópico, sin practicar ó hacer practicar la Radiografía, porque se encontrará muchas veces sorprendido consiguiendo ver el objeto que se proponía.

ENDODIASCOPIA.—Desde que en 1895 Oudin y Barthelemy intentaron la introducción en las cavidades naturales de tubos productores de rayos X, tubos debidos á Chabaud, que no dieron resultados muy satisfactorios, la Endodiascopia se perfecciona cada día más. Los primeros experimentos tropezaron con grandes dificultades, que hicieron caer en olvido estas tentativas que parecían destinadas á resolver problemas todavía vedados á la Radiografía ordinaria, hasta que en 1897 M. Destot demostró que los accidentes tróficos no eran temibles desde el momento que con las máquinas electro-estáticas podía obtenerse la ilumi-

nación de los tubos de Crookes sin peligros, siempre que el enfermo y el operador se colocaran en un banco aislador, condiciones en las cuales puede acercarse y tocarse impunemente el tubo productor de los rayos X sin sentir ninguna sensación.

Pero Bouchacourt fué el que verdaderamente dió una solución práctica, presentando un tubo especial introducido dentro de un espéculo de madera y usando una máquina electro-estática Carré, cuyo polo positivo se colocaba en tierra y el negativo ó catodo en comunicación con el tubo productor de los rayos X.

El procedimiento endodiascópico, suprimiendo los fenómenos eléctricos, ha dado lugar, como dice Bouchacourt (*), por resultado: «permite emplear grandes intensidades dando confianza al enfermo y al operador. Estos pueden tocar el tubo y todos los aparatos, lo cual facilitará muchísimo toda clase de manipulaciones.

»Además, la iluminación de los tubos es mejor, puesto que los rayos de Roentgen pueden utilizarse en la proximidad de su punto de emisión.

»En fin, nada más sencillo que *colocar una imagen en su punto*, puesto que se puede mover con la mano el tubo de Crookes aun funcionando, llevarlo sobre distintas partes del cuerpo, y colocarlo en todos los planos posibles de orientación.»

Los inconvenientes que hemos señalado al usar de las máquinas electro-estáticas, hizo pensar en sustituirlas por bobinas, habiendo conseguido Bouchacourt, en colaboración con A. Rémond, la creación de una bobina unipolar que puede emplearse con una corriente que varía de 4 á 16 voltios, que tiene todas las ventajas de aquélla, sin las imperfecciones é inconstancias que le son inherentes.

Teniendo ya un medio inofensivo productor de radiaciones roentgianas, el mismo autor modificó los tubos de Crookes para hacerlos susceptibles de penetración en las cavidades naturales, evitando los inconvenientes que los primitivos tenían, y que entre los principales era su rendimiento, que además de débil era

(*) *Archives d'electricité médicale*, núm. 81.

muy inconstante. La transformación principal que sufrieron fué la de evitar que penetrara en el organismo el tallo catódico, sustituyéndole por la porción anódica, á la que dió la forma debadajo de campana, como más apropiada para encontrarla aprisionada por su parte más delgada dentro de las cavidades naturales, generalmente pelvis y cavidad bucal.

El Dr. Bouchacourt resume las ventajas é inconvenientes de este método en los siguientes párrafos:

«Se puede asegurar que este modo de excitación de los tubos de Crookes constituye el método médico del porvenir, porque presenta la inmensa ventaja de hacer el tubo manejable é inofensivo, y de quitar al enfermo y al operador de todo temor de trastornos tróficos.

»La Endodiascopia presenta, es verdad, algunos inconvenientes. Pero no se debe colocar entre las faltas el aumento de la imagen, porque este defecto, inevitable por la pequeña longitud del cono de proyección, es más bien útil que perjudicial, puesto que permite ver, por decirlo así, á la lente los detalles de la imagen.

»El mayor inconveniente de este método es la deformación de la imagen, debida igualmente á la poca longitud del cono de proyección. Pero hay siempre una disposición tal del tubo, del órgano y de la pantalla, en que esta deformación es casi nula, cual es la que corresponde al paralelismo de los planos pasando por estos tres objetos.»

La Endodiascopia, de la que es dado esperar grandes resultados prácticos, está todavía en un período de tanteo como lo reconoce su principal campeón, por cuyo motivo, y dado el objeto que nos hemos propuesto, no entramos en mayores detalles de técnica.

APLICACIONES

Á LAS CIENCIAS MÉDICAS

CAPITULO PRIMERO

DIAGNÓSTICO QUIRÚRGICO

I. Desarrollo y anomalías del sistema óseo.—Radiografiando sujetos normales en diferentes edades, se obtienen tipos de comparación, para los casos dudosos que en Medicina legal pueden presentarse, unas veces aclarando la edad y otras sirviendo de dato para identificar un individuo.

La figura 73 representa el esqueleto de una niña de tres años, en que se percibe perfectamente la osificación incompleta de las articulaciones, así como el corazón, pulmones é hígado.

El escrofulismo y raquitismo, como causas retardantes de la osificación y de las suspensiones del crecimiento, pueden comprobarse por medio de la Radiografía. La figura 74 es la mano de un joven de diez y seis años, retrasado en su desarrollo, que parece la de un niño de diez años, y el cual, merced á un tratamiento reconstituyente, ha obtenido un notable crecimiento que no hubiera sido dado esperar si las epífisis hubieran estado ya soldadas á las diáfisis, y la figura 75 es la de las piernas de un niño raquítico de once años, cuyos huesos sufren una gran curvadura.

Las ventajas que se consiguen del tratamiento tiróideo en al-

gunos mixedematosos también se pueden comprobar por medio de la exploración radioscópica, y, sobre todo, con la radiográfica,

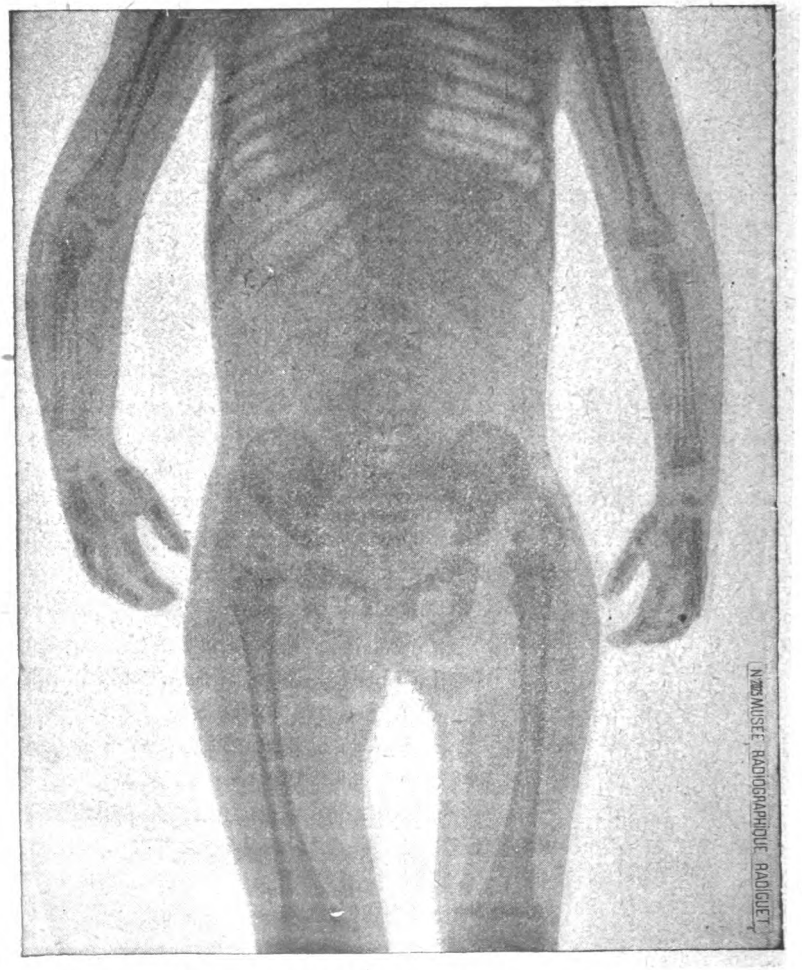


Fig. 73.—Niña de tres años. Esqueleto normal.

que de un modo indudable marcará los progresos que se obtengan.

La teratología ha conseguido describir la disposición del esqueleto, cuando antes se tenía que contentar con el examen morfológico del caso; pero no se limita la aplicación solamente á estas meras curiosidades científicas, si que también obtiene re-

Fig. 74.—Mano de un joven raquítico de diez y siete años.

sultados prácticos que conducen á justificar ciertas intervenciones quirúrgicas que hace algunos años se eludían, por una parte, ante el temor de una infección que hoy aleja la asepsia, y, por otra, ante la dificultad de la operación en los términos precisos que hoy la Radiografía permite, pues da á conocer con exactitud

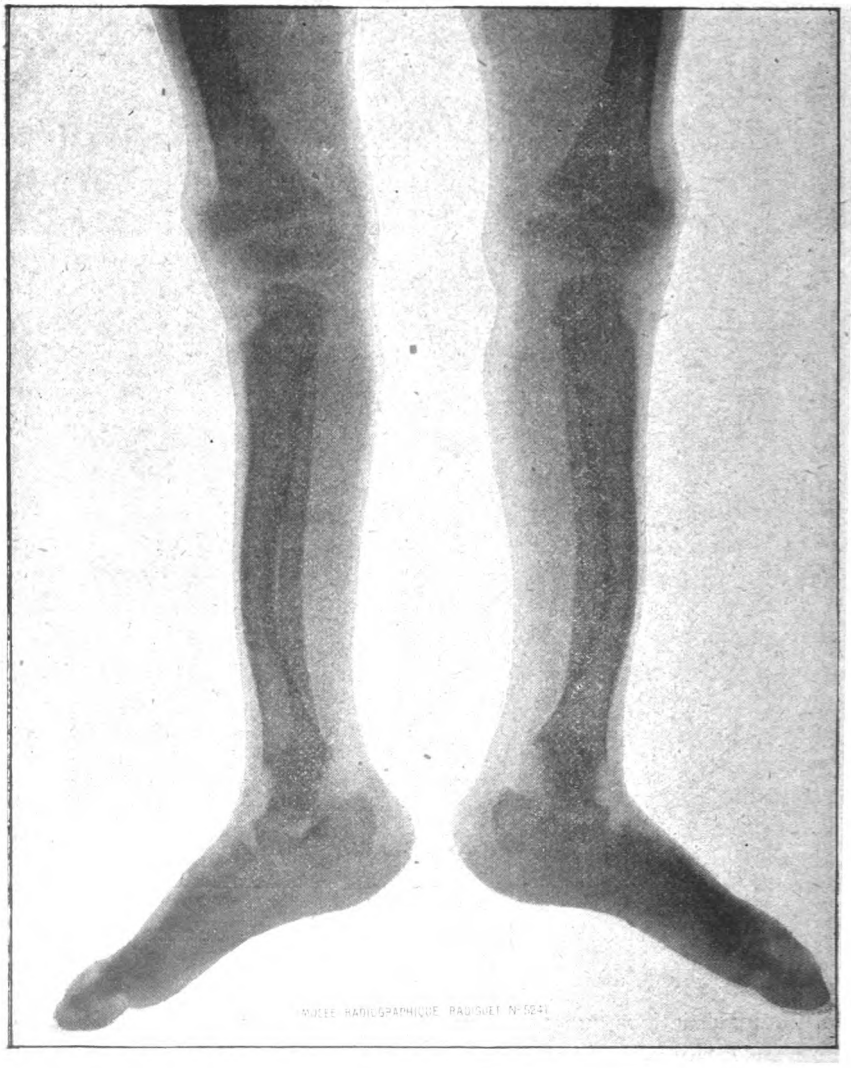


Fig. 75.—Piernas de niño raquítico; huesos encorvados (once años de edad).

Fig. 76.—Pie derecho, vista interna, dedos deformados por el calzado.

las anomalías óseas y las relaciones anormales que se producen en los huesos entre sí y con las partes blandas.

Así se justifican hoy ciertas operaciones llamadas de complacencia, sobre todo las que conducen á corregir las anomalías de la mano, conocidas con los nombres de polidactilia, ectrodactilia, etc.

Las deformaciones del esqueleto producidas por el uso de prendas de vestuario inadecuadas, tienen amplia demostración y patentizan una vez más el pernicioso uso del corsé, y el no poco nocivo del calzado estrecho y mal construído (fig. 76).

II. Traumatismos.—En el estudio de los traumatismos es en el que más particularmente, hasta el momento actual, tienen aplicación la Radioscopia y la Radiografía, no tan sólo bajo el punto de vista del diagnóstico, si que también como medio poderoso para comprobar si los tratamientos empleados han producido el resultado que se pretendía, dando por terminado el tratamiento como bueno ó indicando la conveniencia, la necesidad de rectificarlo.

Lo mismo en las luxaciones que en las fracturas se demuestran, sin los errores que la palpación y otros medios de exploración á veces producen, las relaciones de las superficies articulares ó la disposición de los fragmentos óseos, las cuales determinan en el cirujano una línea de conducta mucho más segura; y una vez terminada la reducción, puédese comprobar plenamente si la operación se ha visto ó no coronada de éxito, es decir, si la articulación en el caso de luxación queda en sus relaciones normales, y si los fragmentos están perfectamente coptados en el caso de fractura.

Por otra parte, todo el mundo sabe que una luxación y una fractura perfectamente reducidas, pueden hacerse viciosas por movimiento del vendaje ó del enfermo, por impaciencias de éste y por otras muchas causas que no debemos enumerar; contratiempos de la práctica que la Radioscopia ó la Radiografía podrán señalar á tiempo de poderlos muchas veces remediar, y que

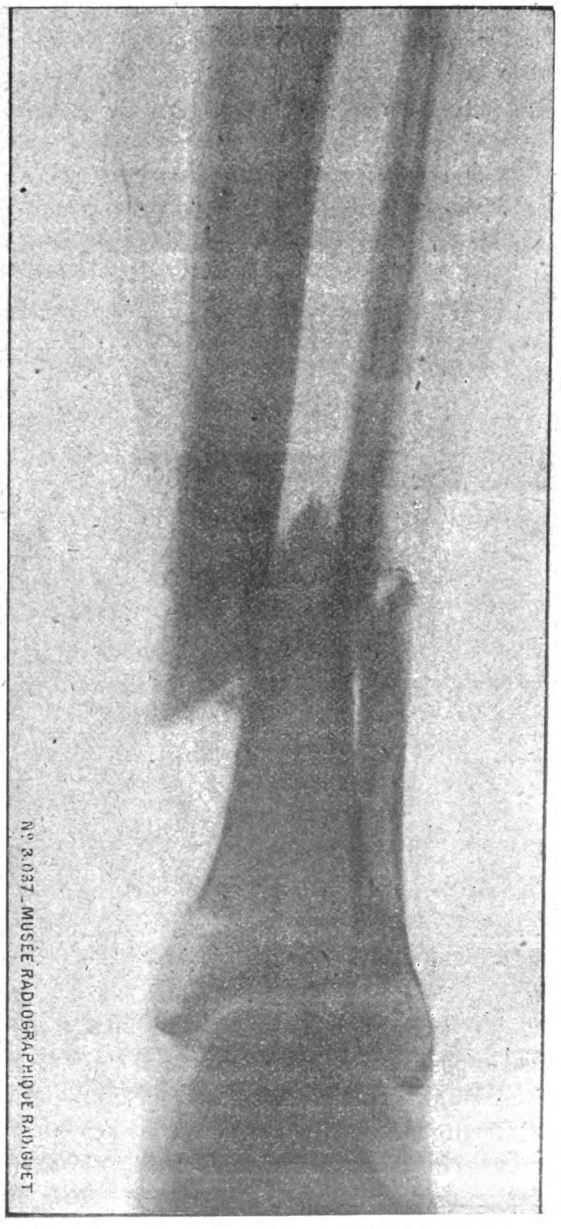


Fig. 77.—Fractura completa de la tibia y peroné.

sin su auxilio producen deformidades irremediables muchas veces, y otras corregibles sólo por medio de peligrosas operaciones quirúrgicas.

Las luxaciones incompletas de la cadera, y especialmente las

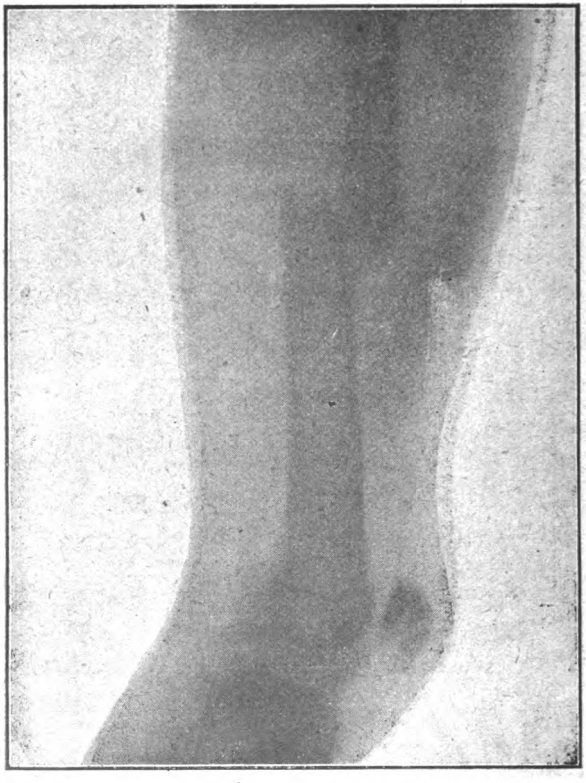


Fig. 78.—Fractura del fémur.

congénitas, imposibles de descubrir muchas veces, son hoy con relativa facilidad diagnosticadas, gracias al prodigioso descubrimiento de Roentgen.

Las fracturas inter-capsulares del fémur en ciertos individuos, especialmente los obesos, se hallan en igual caso.

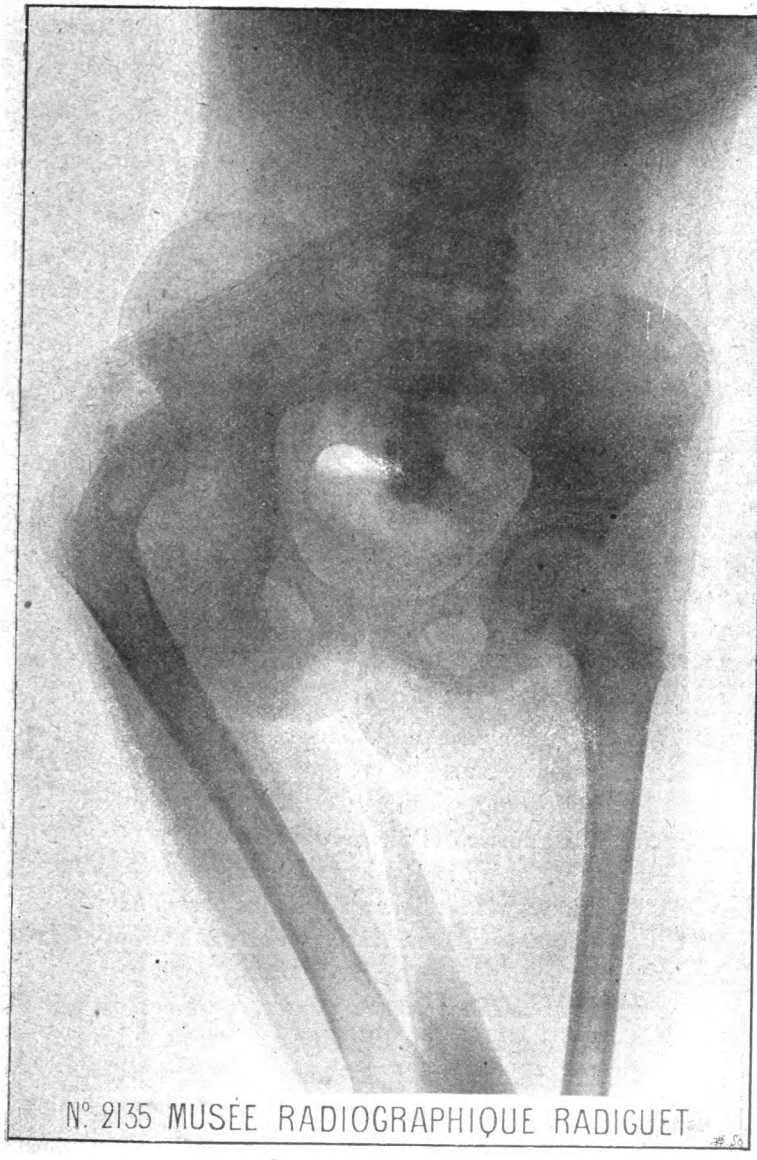


Fig. 79.—Luxación coxo-femoral.

Las esquirlas pequeñas, las fracturas incompletas, aquéllas en que no hay desplazamiento del hueso, en las fisuras de éstos, en la marcha y desarrollo del callo, etc., tenemos también un extenso campo de aplicaciones.

Hay que tener presente que casi nunca basta para las luxaciones y cierta clase de fracturas el examen radioscópico: se hace indispensable la radiografía, porque en aquél pasan desapercibidos multitud de detalles, que se evidencian, en cambio, con gran claridad y precisión por el procedimiento fotográfico.

Lo mismo para el examen de las radioscopias que para el radiográfico de estas lesiones, es preciso un gran hábito y práctica, que debe adquirirse haciendo detenidos y muy minuciosos exámenes de las distintas regiones en sujetos normales y bien desarrollados para poder comprobar los trastornos patológicos.

Como dice el Dr. E. Von Bergmann, de Berlín, en su comunicación al XIII Congreso internacional de Medicina, gracias á la Radioscopia y Radiografía, la anatomía patológica de las lesiones óseas ha hecho grandes progresos; y aun cuando hay causas que impiden la consolidación de las fracturas, que no se demuestran por los rayos X, como lo es la interposición de fibras musculares que impiden la formación del callo, en cambio las fracturas de las superficies articulares, las de los pequeños huesos y las epifisarias, pónense en evidencia por medio de la Radiografía, señalando la causa de las faltas de éxito.

En el mismo Congreso, el Dr. G. Maunoury, sin quitar importancia al diagnóstico clínico, demuestra hasta qué punto lo complementa y precisa la Radiografía, aun cuando la complexidad de las lesiones y la inflamación de las partes blandas lo hagan dudoso. En este brillante trabajo el Dr. Maunoury señala la Radiografía como de gran utilidad en las fracturas de la extremidad superior del húmero, que explica la rigidez y anquílosis, que se atribuyen, generalmente, á una periostitis; en las de la extremidad inferior del radio, que se acompaña muchas veces de lesiones del carpo; en las de la pierna, y especialmente las que interesan la articulación tibio-tarsiana. En estas últimas, sólo la Radiografía es capaz de enseñar exactamente las relaciones del

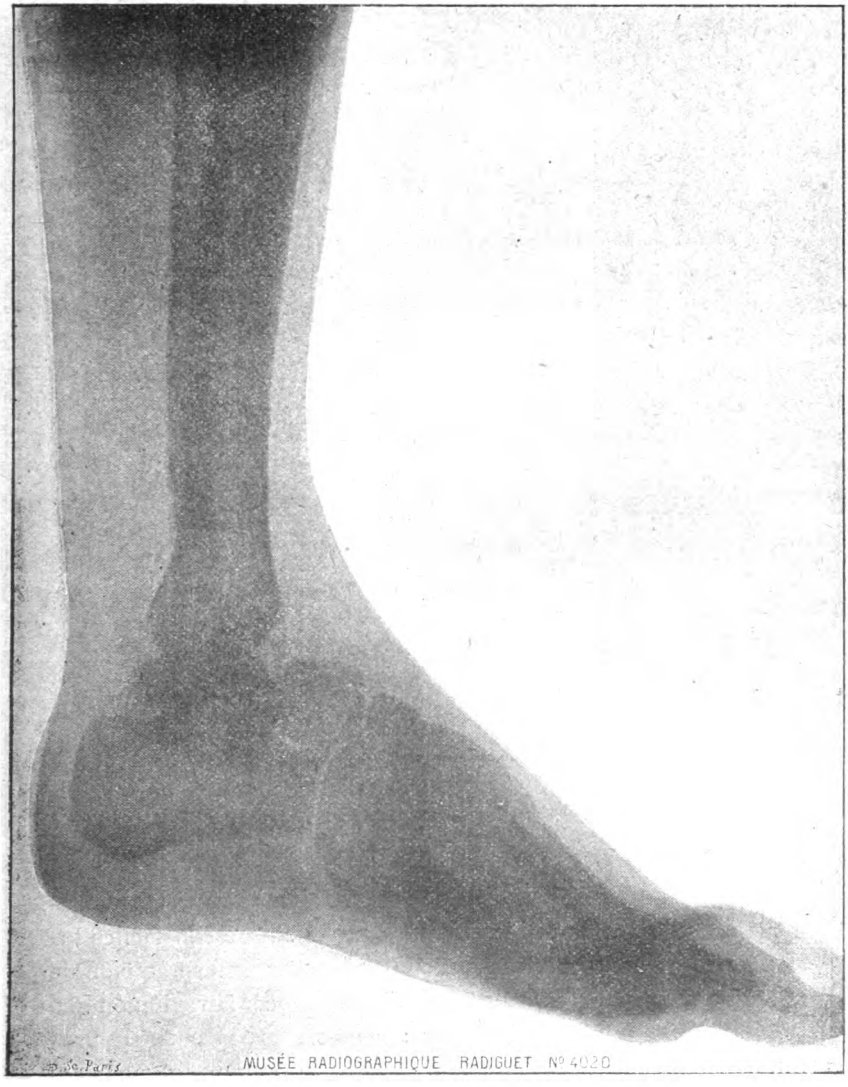


Fig. 80.—Fractura del astrágalo y maleolo interno.

astrágalo (fig. 80) con la mortaja tibio-tarsiana; y las fracturas de este hueso, que se consideraban como muy raras, se ha visto que eran frecuentes.

Otra de las regiones tributaria, en sus fracturas, de la Radiografía es la del codo, y como ya hemos indicado, todas las articulares, lo mismo las recientes que las antiguas, y quizás aún más éstas, que necesitan precisar las deformaciones y relaciones óseas que señalan la extensión de las resecciones que hayan de practicarse, y la importancia y transcendencia de la intervención quirúrgica.

III. CUERPOS EXTRAÑOS.—La aplicación más ventajosa que de la Radioscopia y Radiografía se ha obtenido hasta el día, es la de la investigación de los cuerpos extraños, ya alojados en los tejidos á consecuencia de heridas, ya en cavidades normales sin solución de continuidad.

Para que los cuerpos extraños proyècten su sombra por medio de los rayos X, es necesario que sean opacos á ellos: por lo tanto, ni los huesos de fruta, ni los trozos de cristal, será posible verlos en regiones profundas como el esófago. Pero en este mismo órgano y en el estómago se verán perfectamente los objetos metálicos, como monedas, clavos, alfileres, etc.

La investigación de los cuerpos extraños que han atravesado los tejidos merced á un traumatismo, es la que más provechosa utilidad ha obtenido de la Radiografía y Radioscopia, y con especialidad la cirugía de guerra.

A pesar de la facilidad con que se dibujan los cuerpos extraños en medio de los tejidos blandos, no siempre son fáciles los exámenes radioscópicos, y mucho menos la interpretación de las radiografías. No le basta al cirujano conocer la región en que se aloja una aguja ó un proyectil: le es necesario saber la profundidad, precisar, en una palabra, la situación, puesto que la radiografía presenta todas sus sombras en un mismo plano (figura 81). A fin de precisar la situación de los cuerpos extraños, se han hecho tantos y tan asiduos estudios, que con seguridad no

bajarán en la actualidad de ciento los procedimientos con más ó menos acierto descritos, aunque muchos de ellos tan complicados y difíciles, que se hacen en la práctica con no menor dificultad.

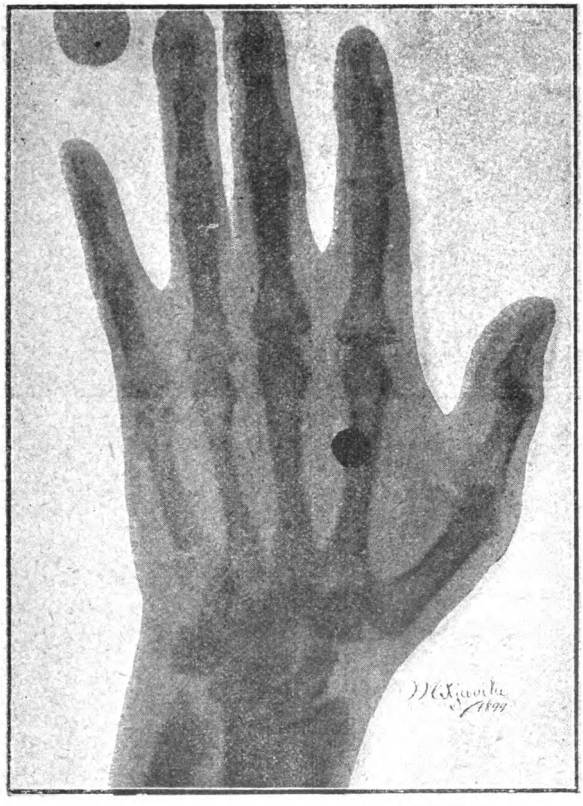


Fig. 81.—Proyectil de pistola de salón sin poder precisar el plano en que se halla.

En la clínica no debe utilizarse más que el procedimiento de dos radiografías de planos perpendiculares, que por su intersección marcarán con suficiente exactitud la situación del cuerpo extraño: como ejemplo práctico presentamos la doble radiogra-

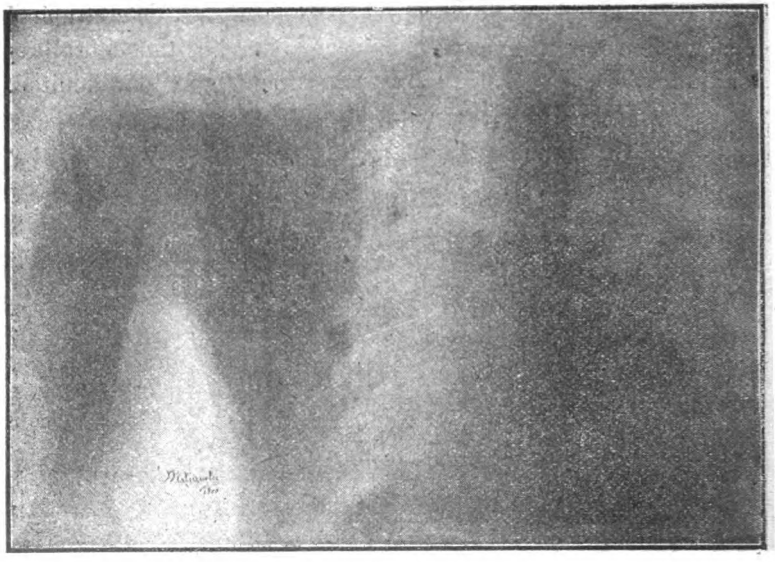


Fig. 82.—Bala de revólver en el tórax.

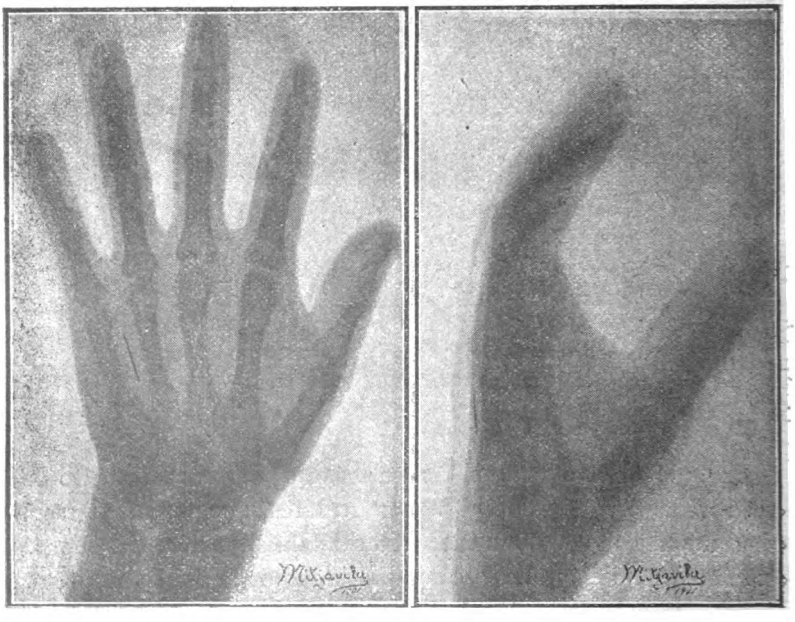


Fig. 83.—Radiografía en dos planos perpendiculares para precisar la situación de la aguja.

fía (fig. 83), que demuestra la existencia de un trozo de aguja situada debajo de la piel, en la región dorsal de la mano, al nivel del último espacio inter-metacarpiano.

Es indispensable que las radiografías se hagan en planos distintos según la región que se examina; y siguiendo el ejemplo de M. Guilleminot, que es indudablemente el radiógrafo que ha hecho más interesantes y concienzudos trabajos de Radiografía de precisión, vamos á exponer los planos en que se debe radiografiar según la parte del cuerpo humano que se explora.

Extremidad superior.—Debe colocarse en decúbito dorsal y en supinación el brazo, descansando por su cara posterior en la

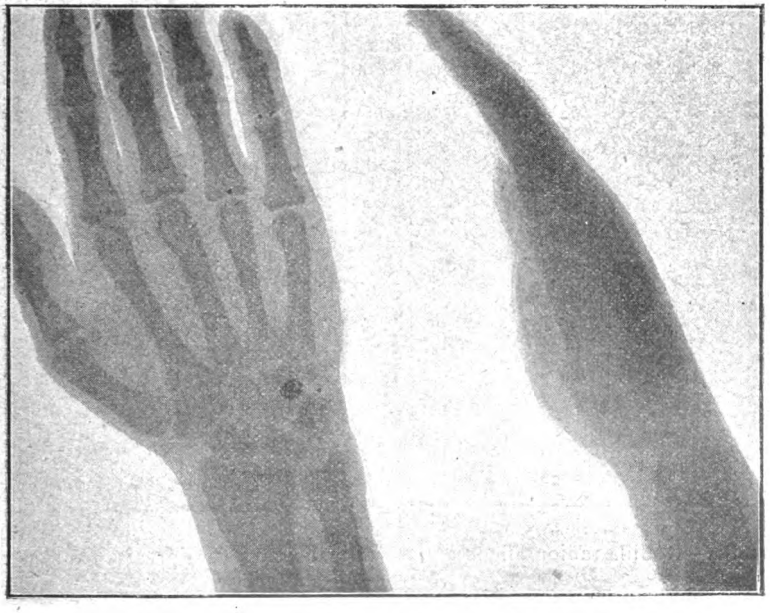


Fig. 84.—Mano radiografiada en las dos posiciones para precisar el sitio del proyectil.

mesa ó cama de operación en que esté colocado el paciente, y la mano descansando en el mismo plano por su cara dorsal.

Para obtener la segunda radiografía en un plano completa-

mente perpendicular, hay que colocar el brazo apoyado por su borde cubital; para ello se hace sentar el sujeto objeto de la experiencia junto á una mesa, cuya altura llegue al nivel de la axila, y que apoye el brazo y antebrazo por su borde interno, es decir, por el borde cubital, estando toda la extremidad completamente extendida y formando ángulo recto con el cuerpo.

Extremidad inferior.—Para radiografiar la primera posición, se coloca al enfermo en perfecto decúbito supino y en extensión muslo y pierna y en semi-extensión el pie, pero formando una perfecta línea recta con el resto del miembro.

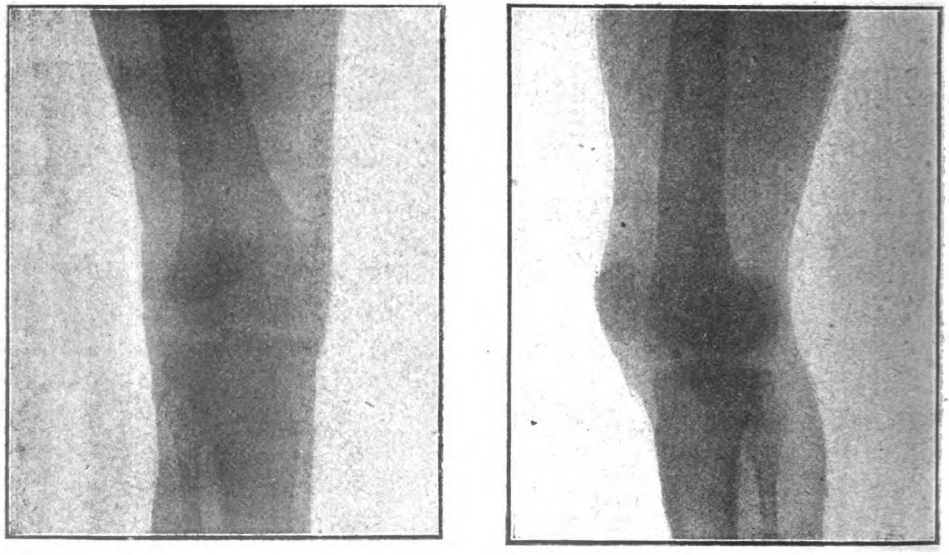


Fig. 85.—Rodilla radiografiada en las dos posiciones para precisar la situación del proyectil.

Para la segunda posición, que nos dará el plano ó radiografía perpendicular á la primera, se debe practicar en decúbito lateral en completa extensión y el pie en semi flexión, apoyando en la cama del lado del miembro sano, pero éste en semi-flexión, é interponiendo entre ambos una tabla lisa en que se apoye el chasis ó la placa.

Tórax y cabeza.—Deben hacerse las radiografías de estas regiones en decúbito supino y en decúbito lateral; pero téngase en cuenta que todo lo fácil que resultan las laterales de miembro, son dificilísimas las de pecho, y mucho más las de cabeza: en aquél, por el gran espesor que la región tiene, y en ésta, por las dificultades que opone la densidad, ó mejor dicho, la opacidad de la bóveda ósea, sin que por esto queramos decir que no sea

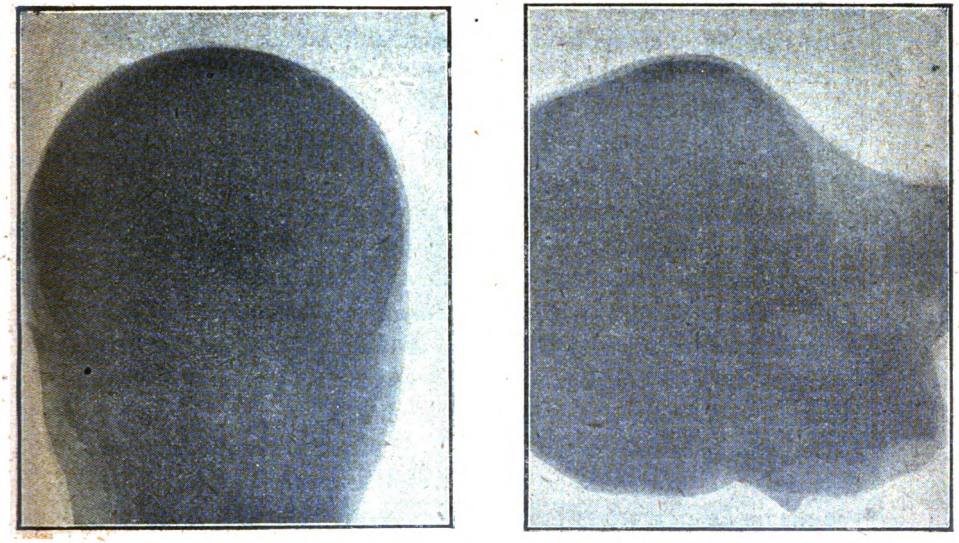


Fig. 86.—Cabeza en las dos posiciones para precisar la situación del proyectil.

posible de practicar, pues en ocasiones se obtienen bellísimos ejemplares.

Otro de los procedimientos propuestos para la determinación exacta de la situación de los cuerpos opacos es el de la Radiografía estereoscópica, para la práctica de la cual existe á su vez multitud de modos de proceder, y de los cuales apenas nos hemos ocupado al hablar de la técnica, por lo difíciles, inseguros y poco prácticos para el clínico, sin que, por otra parte, den una noción exacta, precisa y rápida de la situación de un cuerpo extraño.

Los procedimientos de precisión son muchísimos, como ya he indicado: en casi todos ellos entran fórmulas algebráicas, no siempre fáciles de entender y resolver por quien no esté avezado en los problemas matemáticos; son todos enojosos por el tiempo que exigen, y sólo como ejemplo y por ser el más práctico, y en el que no entra concepto alguno matemático, citaremos el uso del compás de Massiot, y cuya descripción extractamos de la que su autor hizo al Congreso de Boulogne en Septiembre de 1900.

El compás se compone de una barra *a* de metal, á lo largo de la cual pueden deslizarse tres piezas *b*, provistas cada una de ellas de un vástago, en cuya extremidad y perpendicularmente entra la rama de compás *d*, que puede sobresalir más ó menos por estar dispuesta en espiral (fig. 87).

Además, otra pieza articulada *j* mantiene en la extremidad de un vástago *g* un pequeño soporte, por el que pasa la sonda *x* y permite movimientos en todos sentidos de esta última.

Bien fijo el compás por encima del enfermo, y después de haber señalado en la piel tres puntos de referencia, se deslizan los vástagos en la barra hasta hacer coincidir con sus puntas las tres señales hechas en la piel.

Después de esto se separa el compás, procurando que nada en él varíe, y se procede á la ejecución de una radiografía doble por medio de dos tubos de igual resistencia reunidos en cantidad, si la bobina de que se dispone es suficientemente intensa, ó por medio de dos exposiciones, una tras de otra, disponiendo los tubos como en la figura se indica, para que den dos imágenes, una desviada hacia la derecha y otra hacia la izquierda, para cuyo fin es preciso que la placa sensible tenga por lo menos veinte centímetros más de ancha que si se tratara de una radiografía ordinaria.

Una vez terminada la impresión de la placa, se revela y se separa al enfermo de la cama ó mesa radiográfica, y se procede á determinar en el espacio el sitio que ocupaba el cuerpo extraño cuando el enfermo estaba en ella.

Desarrollada la placa, acusa dos sombras, *A*, *A'* (fig. 88), que

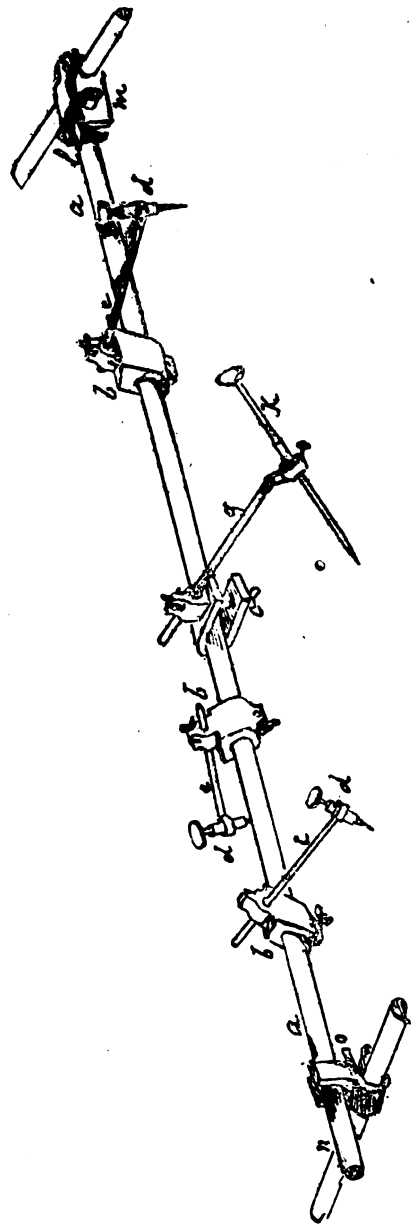


Fig. 87.—Compás de Massiot.

son las proyecciones en dos ángulos distintos del proyectil *B* que se busca.

Se toma un cartón cuyo espesor sea sensiblemente igual al de la placa, y cuyas dimensiones sean las del papel que la envolvía. Se señalan dos cruces, en el cartón, en el centro de cada una de las sombras del proyectil marcadas en la placa, y se coloca el

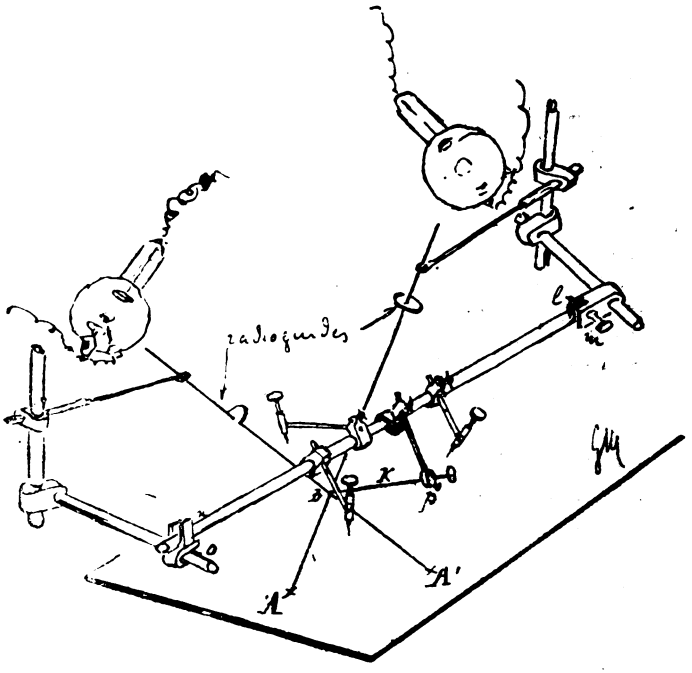


Fig. 88.—Vista del aparato completo con las dos radioguías que determina la posición de *B*.

cartón en el chasis-soporte que antes contuvo la placa, en la misma dirección que ésta tenía.

Se ilumina uno de los tubos y se fija la punta de una radioguía sobre la cruz del cartón que le es opuesta.

Se hace girar alrededor de su punto el radioguía, de modo que la sombra del vástago metálico del radioguía se confunda con el

centro de la pantalla. La posición del vástago indica en este momento la dirección del eje del cono de emergencia que ha producido la sombra.

Se repite la misma operación con la otra cruz. Los dos vástagos del radioguía se crúzan en un punto que representa el centro del proyectil. Se hace coincidir con este cruzamiento la

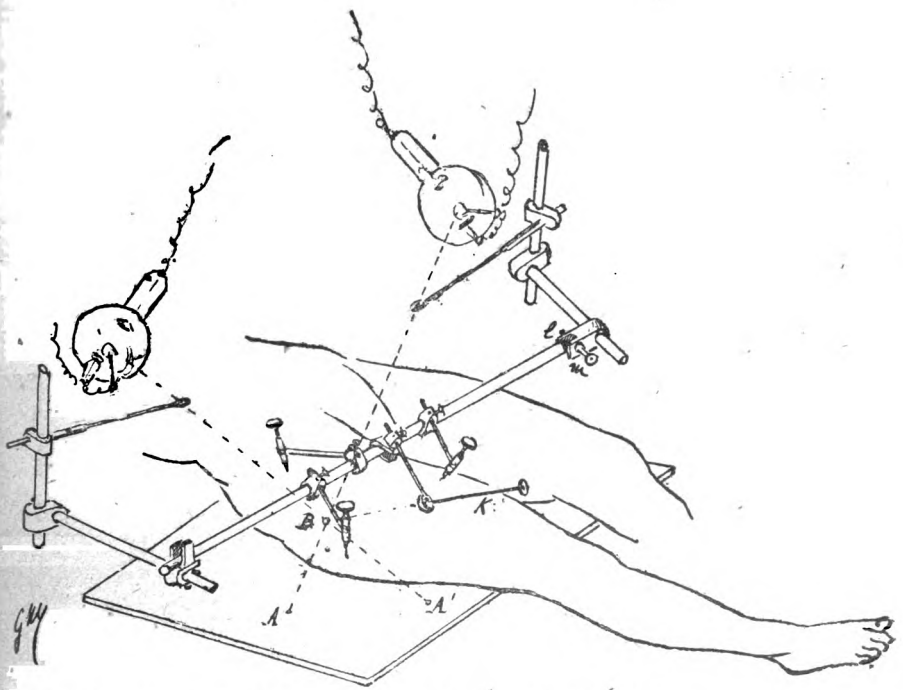


Fig. 89.—La sonda *K* indica la dirección y profundidad del cuerpo extraño *B*.

punta de una rama independiente del compás, que se fija de un modo invariable en la cama radiológica. A esta punta la llama M. Massiot *punta indicadora*, la cual precisa invariablemente en el espacio el punto que ocupaba el cuerpo extraño cuando el enfermo estaba en la cama radiológica.

Ahora bien: terminadas estas diversas manipulaciones, puede

el cirujano valerse del compás, que, colocado otra vez en posición, y las tres *puntas señaladas* colocadas en los sitios que en la piel se marca, y sustituyendo la punta indicadora por una sonda de profundidad, ésta se pondrá en contacto con el punto de elección para extraer el proyectil y tomará la dirección de éste, indicando su profundidad (fig. 89).

Por este procedimiento, brevemente descrito y cuyos mayores detalles pueden leerse en la citada obra de Guilleminot ó pedirse al autor del método y constructor del compás, M. Massiot, puede formarse el concepto de lo que serán los otros cuando consideramos á éste como el más práctico y sencillo, aun cuando en honor de la verdad es de una gran exactitud y precisión.

IV. Lesiones óseas y articulares.—Importante es el servicio que la Radiografía y Radioscopia prestan en la patología de los huesos y articulaciones, no tan sólo para su diagnóstico, sino también como guía segura para el tratamiento, y muy particularmente para las intervenciones quirúrgicas.

Las osteitis, por su aumento de volumen, se manifiestan tan claramente en la pantalla fluorescente como se pintan en la placa fotográfica.

Las lesiones tuberculosas se confirman por este medio de un modo más evidente que por el diagnóstico clínico; la rarefacción que las lesiones tuberculosas producen en los huesos traen consigo una mayor permeabilidad á los rayos X, lo cual da en el examen de los positivos radiográficos una claridad grande que hace que muchas veces parezcan de igual impresión fotográfica los cartílagos que los huesos.

Los focos supuratorios de cualquier índole, y, por lo tanto, los consecutivos á las enfermedades de los huesos, se limitan perfectamente por el color obscuro en medio de la transparencia de los tejidos blandos, hasta el punto, cuando son extensos, de enmascarar la silueta de los huesos.

La existencia de esquirlas en medio de los tejidos blandos se dibujan con la claridad propia de los huesos.

Los secuestros se marcan perfectamente aumentando la impermeabilidad del hueso, presentándose en forma de manchas

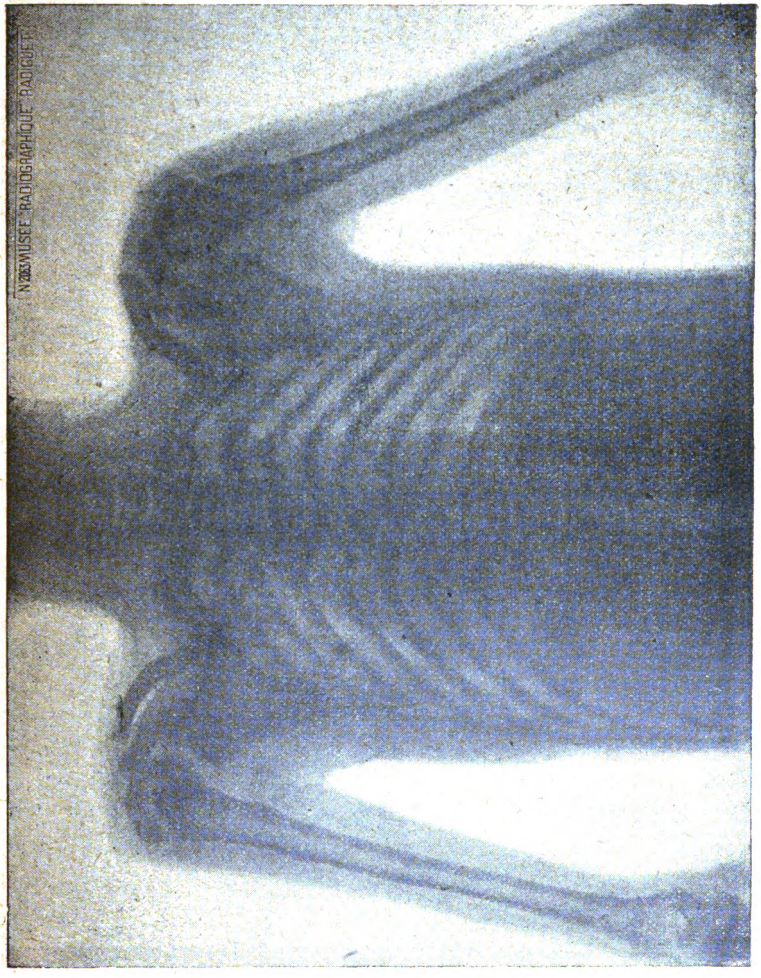


Fig. 90.—Hipergenesis ósea, tórax de una joven de quince años.

más obscuras, en la sombra del hueso, de distintas figuras y dimensiones.

Las osteo-mielitis presentan pruebas evidentes de su marcha

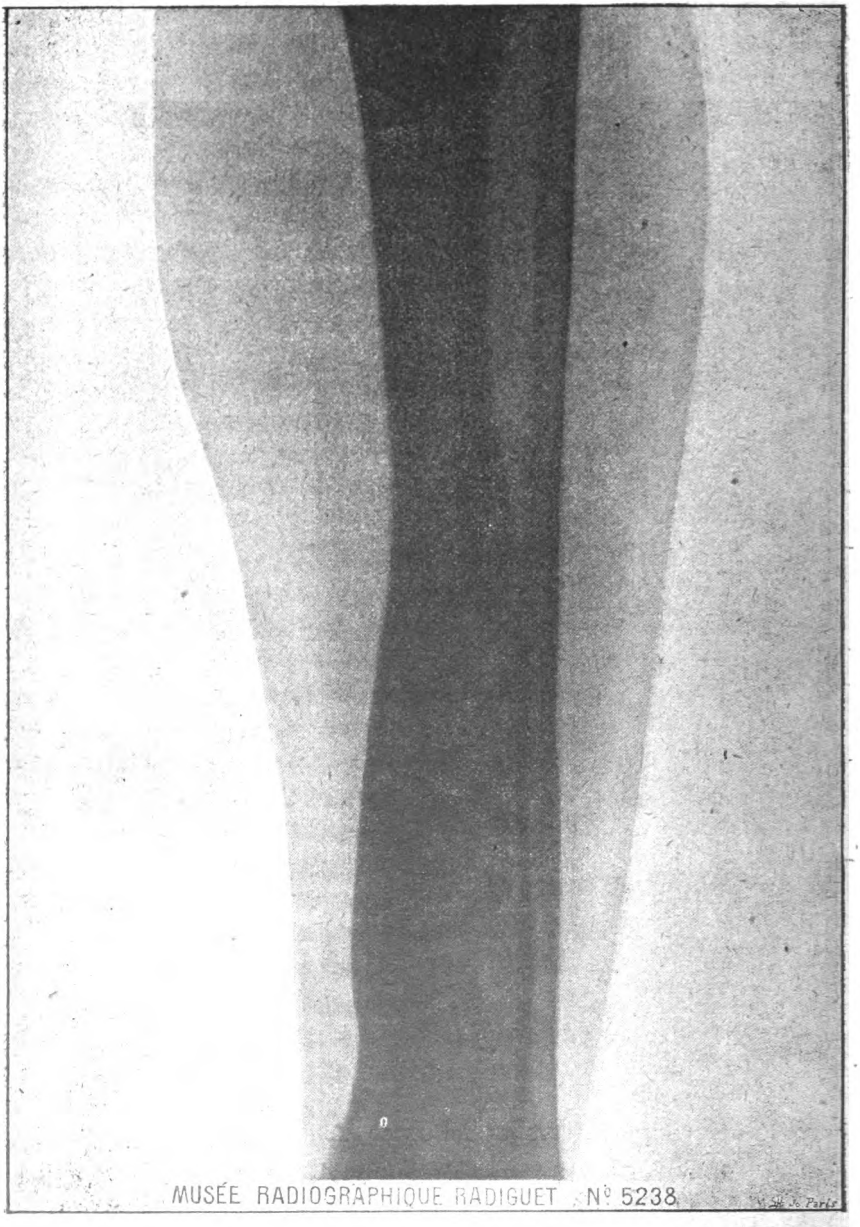


Fig. 91.—Exostosis de la tibia.

destructora del centro á la periferia, mostrando las partes centrales destruídas, huecas y que facilitan, por lo tanto, el paso de los rayos X.

En las periostitis se comprueba el aumento de espesor y las rugosidades y deformaciones del periostio.

Fig. 92.—Condroma de la rodilla izquierda, vista de atrás adelante, en un niño de diez años.

Las lesiones sifilíticas, y en particular los gomas, se diagnostican con precisión.

La existencia de tumores de otra naturaleza se ha comprobado por medio de la radiografía, como, por ejemplo, las osteo-

sarcomas y condromas, lo cual permite al cirujano una intervención más juiciosa y una determinación *a priori*, puesto que alcanza una noción exacta de la extensión del neoplasma y de sus relaciones con las partes que le circundan.

En el mal vertebral de Pott, un diagnóstico precoz puede establecerse en época en que todavía los síntomas subjetivos son apenas manifiestos. Por la Radiografía se puede conocer la importancia y extensión de las lesiones, la existencia de secuestros y de cavernas tuberculosas, las inflexiones del raquis por deformación de las vértebras, existencia de abscesos fríos; en una palabra, ilustrarnos respecto á la extensión y destrozos producidos por la enfermedad, de su marcha invasora, así como de los beneficios del tratamiento.

Cuando los enfermos sean portadores de aparatos, hay que tener siempre presente los errores á que pueden dar lugar las piezas metálicas que entran en su construcción, por las opacidades con que se traducen; los aparatos de contención poroplásticos no presentan este inconveniente, por ser completamente transparentes á los rayos X.

En las escoliosis se observa la forma y grados de desviación, el adelgazamiento de las vértebras y cuantas nociones son necesarias, y que sólo podrían (fig. 93) exigirse con más detalles á la anatomía patológica. Los clisés radiográficos dan un juicio exacto de los beneficios que con el tratamiento se obtiene.

Las artritis, así como el diagnóstico de los tumores blancos, en especial los de las grandes articulaciones (fig. 94) que se hallan rodeadas de gruesas capas musculares, han obtenido grandes facilidades de este nuevo medio de exploración.

Las modificaciones de las superficies articulares, su aumento de volumen, el aspecto rugoso que adquieren, se manifiestan con gran claridad en las placas radiográficas, así como las lesiones óseas á ellas inherentes, por el aspecto claro que toman, con preferencia las de naturaleza tuberculosa. Los secuestros, focos purulentos, las cavernas óseas, también se ponen de manifiesto, como las luxaciones ó subluxaciones consecutivas á estos trastornos.

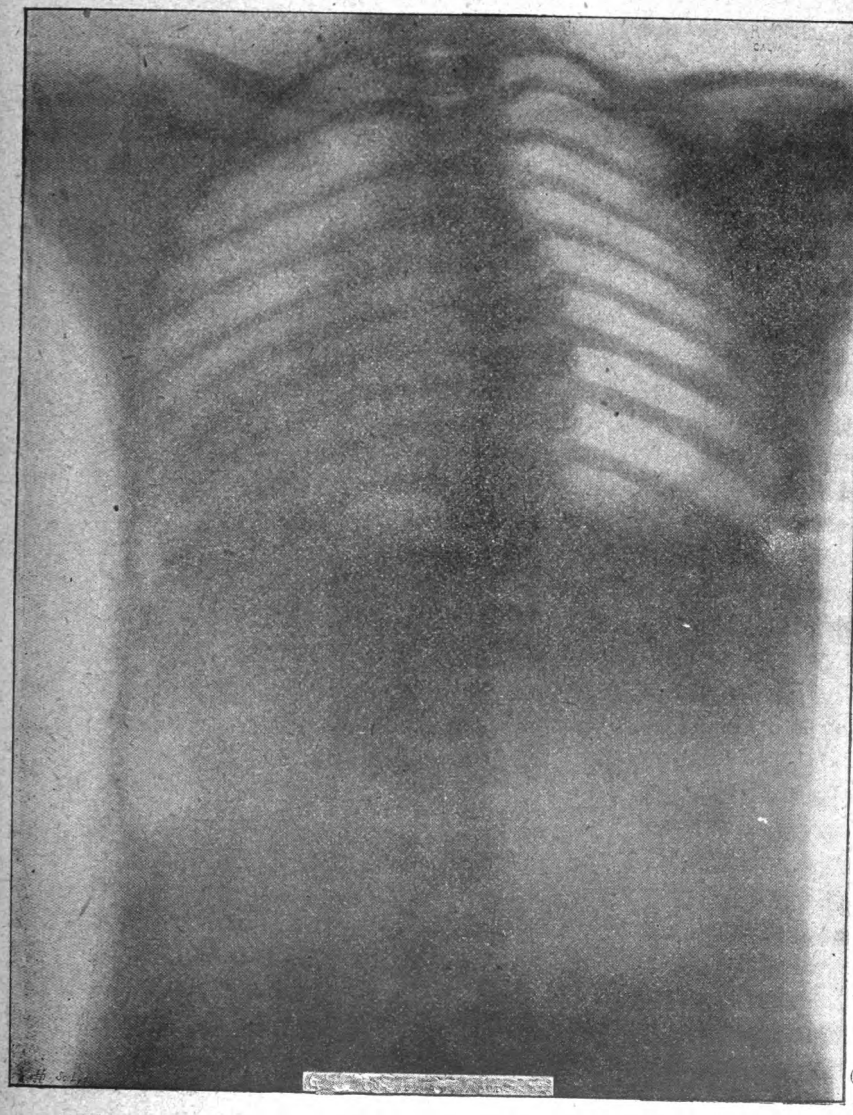


Fig. 93.—Escoliosis de la columna vertebral.

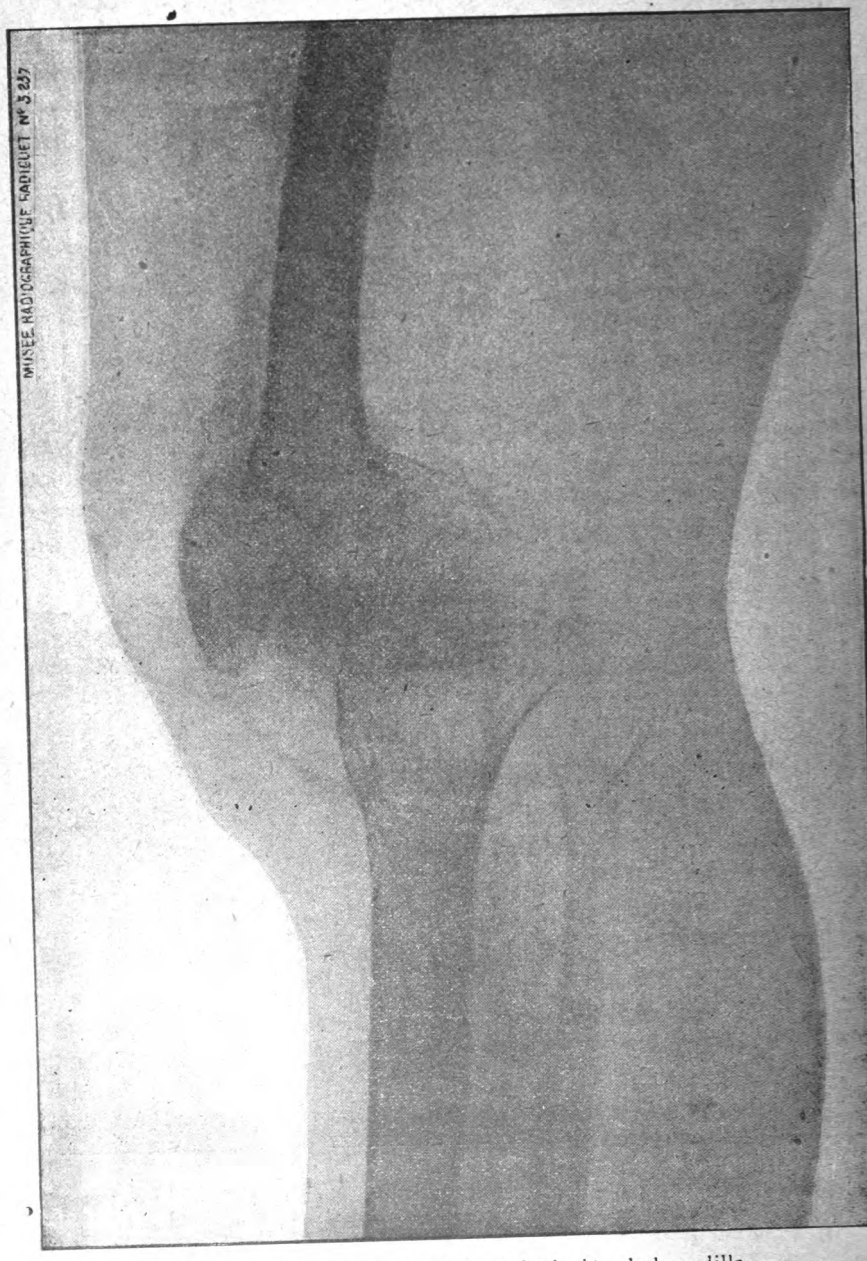


Fig. 94.—Tumor blanco de la articulación de la rodilla.

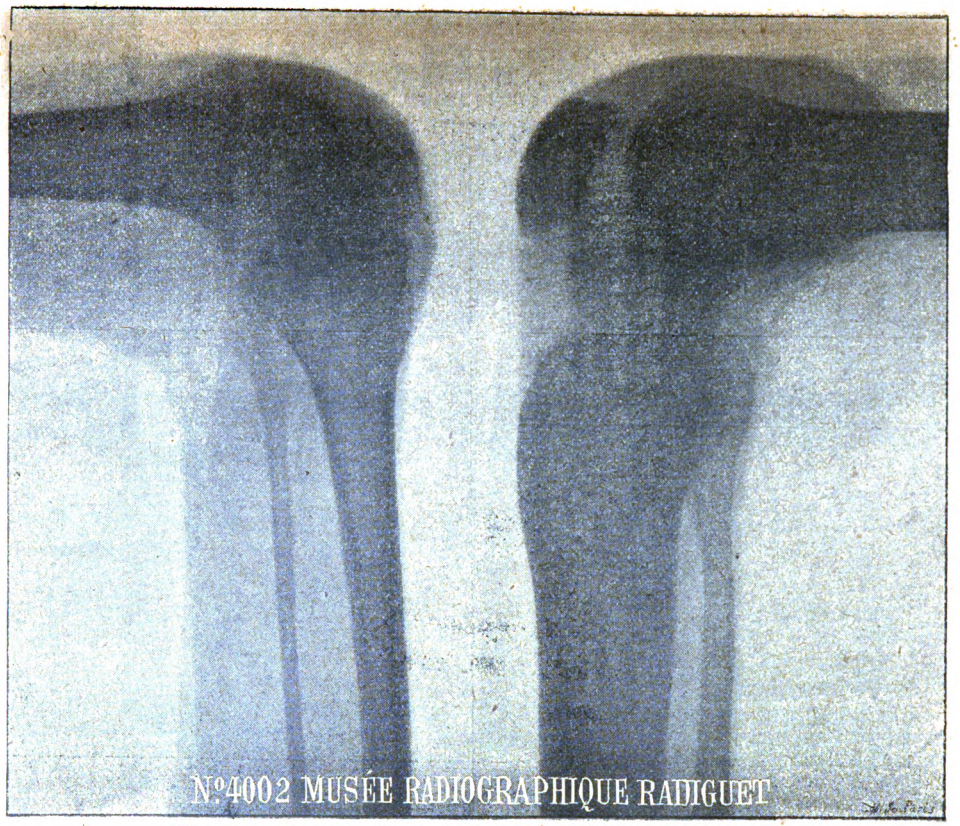


Fig. 95.—Artritis crónica de la articulación de la rodilla.

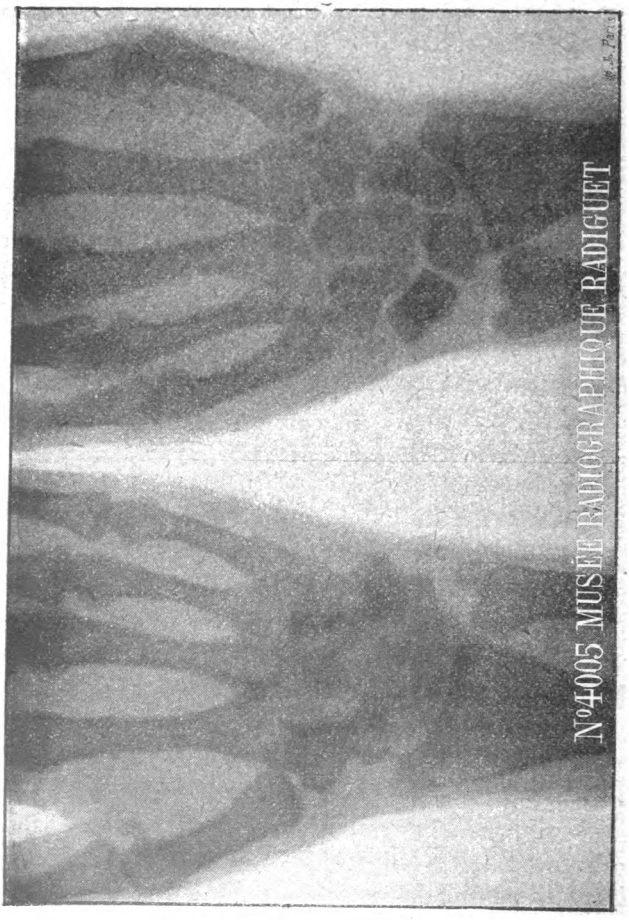


Fig. 96.—Anquilosis de la articulación de la muñeca consecutiva á una artritis blenorrágica.

De este breve índice de las lesiones que se descubren en los padecimientos articulares, se deducen las inmensas ventajas que

Fig. 97.—Luxación del codo.

para el operador representa la seguridad de conocer previamente las lesiones que va á encontrar y su extensión, sin los azares que produce la sorpresa de lo imprevisto en el acto operatorio.

V. CÁLCULOS Y TUMORES.—Punto tan importante como el diagnóstico de los cálculos no ha obtenido del descubrimiento de Roentgen todo el resultado que hubiera sido de desear. Los que se obtienen, dependen de la naturaleza ó composición de ellos.

Los de ácido oxálico, así como los de ácido úrico, son tan transparentes á los rayos X y se hallan en regiones tan profundas y rodeado de un espesor tan considerable de tejidos, que no

proyectan sombra ninguna sobre las pantallas fluorescentes, ni dibujan sus contornos sobre las placas sensibles, y las radiografías obtenidas de algunos cálculos de esta naturaleza, han sido debidas á entrar en su composición sales de cal.

Los cálculos de oxalato de cal y los de fosfato amónico-mag-

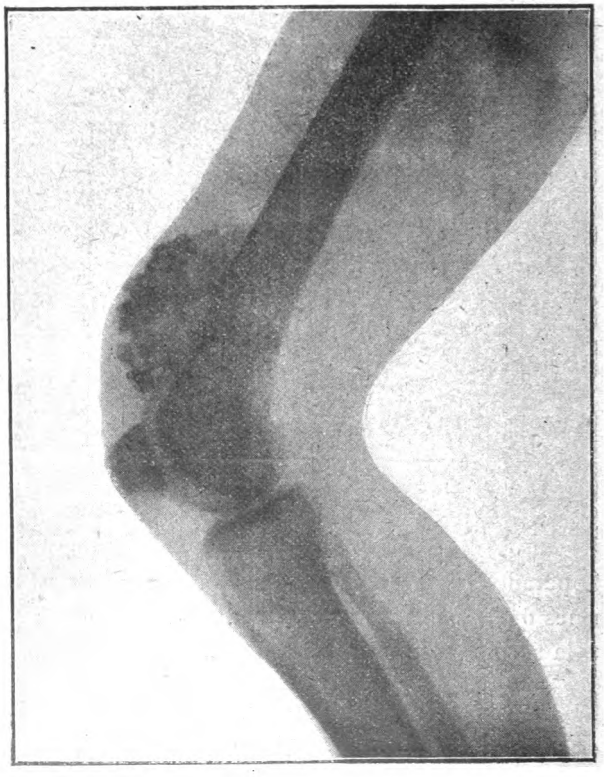


Fig. 98.—Exóstosis del fémur.

nésico, son menos transparentes, habiéndose en algunos casos obtenido provechosas radiografías, siendo la primera que se hizo debida al Dr. Albarran, de París.

En la discusión que hubo en la Sociedad alemana de Cirugía,

en Abril de 1899, el Dr. Braatz aconseja que para la obtención de radiografías de cálculos renales se empleen tubos cuya potencia de penetración no sea demasiado fuerte, y que no se prolongue mucho tiempo la exposición, en atención á que son más perceptibles en una prueba débil; el mencionado Dr. Albarran también se declara partidario de los tubos blandos.

Refiérense algunos casos de tumores en órganos internos, diagnosticados por la Radioscopia ó la Radiografía. En la cavidad abdominal cita algunos casos Grossy. Regnier refiere el de un enfermo atacado de quiste hidatídico en la Clínica de Tillaux, en el Hospital de la Caridad, en que se pudo demostrar que el tumor se elevaba en el tórax hasta cerca del cuarto espacio intercostal, formando en medio de la cara convexa del hígado un saliente de ocho centímetros aproximadamente de diámetro.

VI. DIAGNÓSTICO OBSTÉTRICO.—Budin fué el primero que practicó la radiografía de la pelvis en una mujer viva en que se comprobaron las deformaciones de los huesos; posteriormente Pinard ha demostrado la utilidad que esta clase de exploración tiene en obstetricia.

La radiografía de la pelvis siempre es difícil por el espesor de las regiones que hay que atrevesar, exigiendo, hace no mucho, exposiciones sumamente largas y fastidiosas que hoy día han disminuído extraordinariamente gracias á la potencia de las bobinas, y á la bondad de los interruptores y de los tubos.

El diagnóstico de la preñez en los casos dudosos se comprueba radiográficamente; las preñeces extrauterinas, y, sobre todo, las deformaciones que dejan apreciar las disemetrías pelvianas, la falta ó existencia de anquílosis sacro-iliaca, las estrecheces pelvianas, son otras tantas indicaciones precisas demostradas por este medio de exploración.

Pelvimetría radiográfica.—El estudio de la pelvimetría radiográfica ha adquirido grandes vuelos y es objeto de asiduos trabajos por parte de concienzudos especialistas. Entre los diversos sistemas propuestos, el que consideramos más práctico por su

facilidad es el de T. Marie y J. Cluzet que publican en los *Archives d'electricité médicale*, de cuya interesante publicación extractamos los párrafos siguientes:

«La pelvimetría radiográfica tiene por objeto sacar de la imagen inexacta de la pelvis, medidas precisas y la imagen exacta del estrecho superior; para esto emplean un cuadro formado por cuatro reglas de madera, en la que se encuentran clavos de tres centímetros de longitud incrustados paralelamente á distancia de tres centímetros uno de otro y colocados en un mismo plano.

»El proceder operatorio consiste en colocar la paciente en decúbito dorsal, y una de las reglas por debajo al nivel de la quinta vértebra lumbar y las espinas iliacas superiores-posteriores. En esta regla, por medio de pinzas se sujetan, formando ángulo recto, las reglas laterales, en las que de igual manera se fija la regla anterior, que debe descansar en el pubis por su parte media. La placa se coloca bajo las nalgas de la mujer.

»El tubo productor de los rayos X se dispone de manera que el anodo esté en el eje del estrecho superior y á una altura media de 50 centímetros sobre el plano de la placa, después de lo cual y de una exposición conveniente, se obtendrá una imagen radiográfica del estrecho superior y de los clavos, desapareciendo las sombras de las reglas, que, por ser de madera, son transparentes á las radiaciones.

»Sobre la prueba ó un calco de ella se unirán, por medio de líneas rectas, los clavos anteriores con los correspondientes posteriores, y lo mismo los laterales entre sí.

»De este modo se tendrá el estrecho superior deformado por consecuencia de la inclinación de la placa sobre el plano del estrecho, agrandado (á consecuencia de la conicidad formada por la proyección de los rayos X) y marcado en una cuadrícula, al centímetro, deformada y agrandada por las mismas causas. Esta cuadrícula permite, sin embargo, tener medidas precisas, porque cada pequeño cuadrilátero es un cuadrado de un centímetro de lado, deformado rigurosamente en la misma cantidad que la porción del estrecho superior que le está superpuesta. Para tener

la imagen exacta, bastará referir punto por punto la curva formada en la prueba ó en el calco sobre una cuadrícula exacta al centímetro.»

Los resultados obtenidos por este procedimiento han sido confirmados por la práctica clínica.

CAPITULO II

DIAGNÓSTICO MÉDICO

I. Exploración de la cavidad torácica.—El tórax presenta condiciones de que carecen las demás cavidades explánicas para la exploración por medio de los rayos X; en la encefálica la impermeabilidad de la bóveda ósea impide el examen de la masa encefálica, y sólo en pocos casos puede hacerse con grandes dificultades la investigación de cuerpos extraños según sus dimensiones, situación y naturaleza; por el contrario, la igual y demasiada permeabilidad de los órganos en el abdomen contenidos, y muy particularmente el estómago y tubo intestinal, hace que las escasas sombras que puedan proyectarse se confundan. La distinta permeabilidad de los órganos torácicos presenta contrastes muy salientes por la relativa poca densidad de los pulmones, llenos de aire, que dejan paso muy completo á las radiaciones, mientras que la poca permeabilidad de los órganos vasculares, y especialmente la del corazón, no da paso sensible á los rayos X, marcándose con intensidad su sombra, tanto en la pantalla fluorescente como en la placa fotográfica.

La semiología de las visceras torácicas se ha enriquecido con este medio de exploración, comprobando, por medio de la vista, la sintomatología que nos proporciona la auscultación y percusión, facilitando diagnósticos prematuros unas veces y otras aclarando los dudosos, penetrando en las regiones invisibles y examinando la forma, situación, volumen, movimiento y cambio de estructura de las vísceras.

Aun cuando la Radiografía es de gran utilidad en la patología

del pecho, es todavía mucho mayor la que tiene la Radioscopia, que permite observar los movimientos de los distintos órganos y su cambio de relaciones en los distintos actos funcionales, y, por tanto, los trastornos que en ellos imprimen las lesiones patológicas, aclarándose por este medio muchos conceptos equivocados de fisiología patológica. Todavía es dado esperar más de los trabajos con tanto ardor emprendidos por Imbert, Remy, Contremoulins, Ribaut, Destot, etc., sobre Radiografía estereoscópica, que da la noción de relieve y profundidad, y muy especialmente de los interesantes trabajos del infatigable Doctor Guilleminot, sobre cinemato-radiografía.

El examen radiológico de la cavidad torácica, dejando aparte la investigación de los cuerpos extraños, permite observar la separación y el ángulo formado por las costillas, así como su movimiento en las dos partes del acto respiratorio, ayudando de un modo poderoso al diagnóstico de las enfermedades de la pleura, del pulmón y aun de algunas bronquiales.

No menos importante que el examen de la armadura ósea es el del tabique divisorio entre el pecho y el abdomen, del diafragma.

El diafragma, al examen radiográfico ó radioscópico, se presenta bajo forma de una doble bóveda de gran obscuridad. La sombra del lado derecho, como reforzada por el hígado, intensa y ancha, de forma convexa por su parte superior; la del izquierdo, intensa, sí, pero estrecha por la claridad que presenta el estómago, situado inmediatamente debajo, y también convexa, en igual dirección que la anterior. Estas dos líneas curvas se hallan unidas en su parte media por otra curva, pero de concavidad superior, correspondiente á la parte aponeurítica del músculo y sobre la que descansa el corazón. Los cambios de forma en la disposición descrita pueden ser de provechosa enseñanza, así como los de los movimientos que por la Radioscopia se observan. En la inspiración, las corvaduras disminuyen y el diafragma tiende más á la línea recta; por el contrario, en la espiración las corvaduras se acentúan más y vuelven á presentar de un modo más preciso la forma sinuosa; estas diferencias son más marcadas cuanto más forzada es la inspiración y la espiración.

En estado normal nada se descubre de la pleura, y la ligera sombra clara que proyecta es debida al pulmón; pero en estado patológico se observan las opacidades producidas por las pleurenas, derrames pleuríticos, etc.

El pulmón, que se presenta en forma de dos grandes espacios claros, separados por la intensa sombra que proyecta el esternón y la columna vertebral, muestra á este género de exploración claridades ú opacidades distintas que son base de muchos diag-

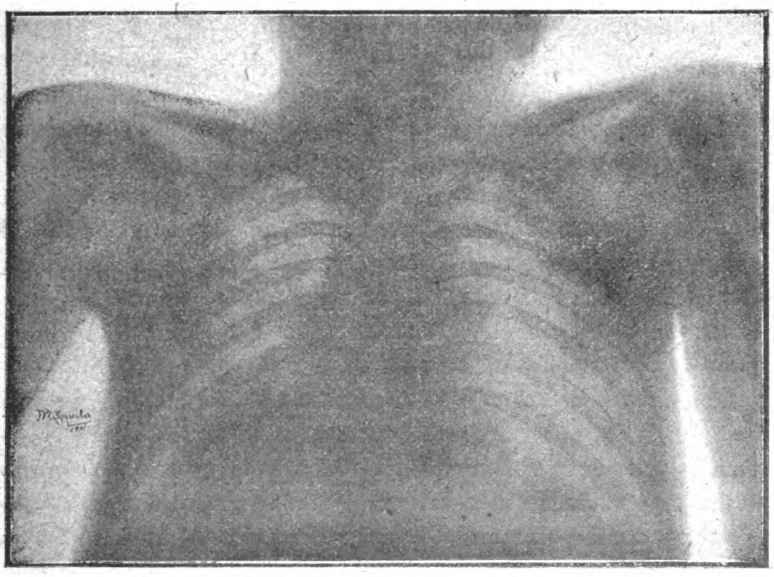


Fig. 99.—Tórax normal.

nósticos difíciles (fig. 99). Toda lesión que tienda á disminuir la cantidad de aire en las vesículas pulmonares aumenta la obscuridad de la sombra, limitada á las dimensiones que en el órgano tenga la lesión; por el contrario, las enfermedades en que hay más cantidad de aire en las vesículas pulmonares, la claridad aumenta por el enrarecimiento, digámoslo así, del tejido pulmonar. Así se facilita el diagnóstico de todas las enfermedades pulmonares y principalmente de la tuberculosis, caracterizada por

la disminución de la claridad pulmonar y menor extensión de los movimientos diafragmáticos, cuando todavía nada dicen los signos estetoscópicos y sólo empiezan á ser sospechosos algunos síntomas generales.

Del corazón puede apreciarse en primer término su volumen, forma, situación y cambios de lugar, y en segundo los movimientos. Se ha llegado á precisar con notable exactitud el área del corazón por los curiosos trabajos y procedimientos que emplean Variot y Chicotot y los de Béclère, presentados á la Sociedad médica de los Hospitales (París) en 1900.

Si la entrada de los rayos X se hace en dirección oblicua y penetrando en la cavidad torácica de izquierda á derecha, puede dibujarse la aorta en estado normal, precaución que no siempre es indispensable en estado patológico.

El esófago puede examinarse introduciendo en él una sonda con vástago metálico flexible, con lo cual puede precisarse el sitio exacto de los neoplasmas y estrecheces, y en muchas ocasiones facilitar el concepto, por este medio, de la situación exacta de un cuerpo extraño y servir de segura guía al cirujano para su intervención operatoria.

Por último, el examen del mediastino es un medio poderoso de diagnóstico para ciertos derrames pleuríticos, estenosis bronquiales y lesiones esclerósicas pulmonares en que el mediastino se halla repelido hacia el lado sano como si fuera empujado por el lesionado. La existencia de neoplasmas y las hipertrofias de los ganglios en el mediastino alojados, también pueden diagnosticarse por este método de exploración.

Para efectuar el examen radioscópico del pecho, es preciso interponer al sujeto observado entre el tubo y la pantalla fluorescente, siguiendo las reglas que con oportunidad hemos indicado, á fin de que la incidencia de los rayos X caiga normalmente sobre el sitio cuyo examen é iluminación sea más interesante.

Primero se observará colocando la pantalla en la cara anterior; después de hechas las observaciones convenientes, se hará lo mismo, volviendo al individuo y colocando la pantalla en la cara posterior, plano preferible cuando se trata de hacer una

radiografía. Terminada la investigación por la cara posterior, se harán las laterales derecha é izquierda, elevando el brazo correspondiente y poniendo la pantalla fluorescente en contacto con la cara lateral del pecho; el brazo opuesto puede desviarse hacia adelante, y, para mayor comodidad del paciente, colocar el antebrazo en un pañuelo triangular algo elevado. Por último, debe hacerse girar al individuo con objeto de hacer el examen en diámetros oblicuos que en algunas ocasiones nos harán descubrir lesiones que pasarían desapercibidas y que son casi indispensables para la exploración del cayado de la aorta.

II. PLEURESÍA.—Ya hemos indicado que la pleura no es visible en estado normal por su poco espesor; pero cuando es asiento de un proceso flogístico, puede diagnosticarse por este medio de observación, siendo un auxiliar poderoso de los otros medios de investigación, aun en los casos que no hay derrame, es decir, en la pleuresía seca. En muchos casos en que sólo existe el dolor, que pudiera dar lugar á confundirla con una neuralgia ó mialgia, el examen radioscópico descubre una sombra obscura que coincide exactamente con el sitio del dolor; en otros casos en que el dolor no existe, el mismo aspecto radioscópico hará predecir la existencia de la pleuritis y su localización, que no tardará en manifestar sus caracteres estetoscópicos. Por otra parte, coadyuvan á este diagnóstico las diferencias de amplitud respiratoria, que puede observarse en la pantalla fluoroscópica; acentúase menos el movimiento de elevación de las costillas durante la inspiración, y el descenso durante la espiración.

Respecto á este particular, MM. Bouchard y H. Guilleminot, en Junio de 1899 presentaron una comunicación á la Academia de Ciencias de París, haciendo ver la diferencia de los movimientos y ángulo de inclinación de las costillas en estado patológico, y especialmente en la pleuresía sin derrame, en la que exponen que, en la pleuresía reciente, las costillas del lado enfermo tienen menos amplitud oscilatoria que las del lado sano, y parece que están más inclinadas. En las pleuresías crónicas

esta inclinación es mucho más acentuada. Para comparar un lado del tórax con el otro, recomiendan la necesidad de determinar un eje horizontal, es decir, perpendicular á la línea medio-raquídea. Dictan las reglas que hay que seguir para hacer de su procedimiento de exploración un método preciso, dando como consecuencia de su estudio las cuatro conclusiones siguientes:

1.ª En los sujetos sanos, la inclinación media de las costillas es lo mismo á la derecha que á la izquierda.

2.ª La amplitud oscilatoria, que varía en las pruebas presentadas de 3 á 5°, es casi la misma á la derecha que á la izquierda. Nótase, sin embargo, que en los casos estudiados parece un poco mayor en el lado derecho.

3.ª En los pleuríticos y los tuberculosos confirmados, la inclinación costal no es semejante en los dos lados; siempre más pronunciada del lado enfermo.

4.ª En estos enfermos, la amplitud oscilatoria está disminuída. En la mujer el tipo abdominal predomina; en una de las observadas, con una amplitud diafragmática de más de 16 milímetros, tenía las costillas casi inmóviles.

En las pleuresías diafragmáticas se observa el obscurecimiento del seno costo-diafragmático, sin percibirse el contorno del diafragma; cuando se presenta en el lado izquierdo, la estrecha cinta que en estado normal apenas se dibuja, aumenta mucho; además, la amplitud de los movimientos del diafragma disminuye considerablemente.

Las pleuresías con derrame fueron por primera vez estudiadas fluoroscópicamente por Bouchard, que dió á conocer sus trabajos en 1896, demostrando que los derrames pleuríticos son opacos á las radiaciones roentgianas, describiendo minuciosamente la diferencia entre las opacidades del derrame pleurítico y las de la congestión pulmonar, diferenciándolos particularmente por el desplazamiento en dirección al lado sano, que imponen los grandes derrames pleuríticos al mediastino, y por la obscuridad más acentuada de las partes declives.

Posteriormente á Bouchard, Oudin, Béclère, Bergonie, Barthelemy y otros muchos, han hecho concienzudos estudios de fluo-

roscopia pleurítica, hasta el punto de poder asegurarse que es la aplicación mejor definida y estudiada que de las aplicaciones radioscópicas se ha hecho, lo cual hace imposible el análisis detallado de todos los trabajos publicados de esta materia.

Los exámenes radioscópicos de la pleura deben hacerse por los planos torácicos anterior, posterior y laterales, señalando con un lápiz dermográfico los límites del derrame para conservar un término de comparación entre una y otra observación, y, por tanto, conocer los progresos de la enfermedad y las ventajas obtenidas con el tratamiento.

La pleuresía con derrame presenta en la pantalla fluoroscópica una opacidad tanto más extensa y de mayor densidad cuanto mayor es el derrame; opacidad mal limitada en la parte inferior, porque no presenta contraste con la opacidad que señala el contorno ondulado del diafragma; pero en cambio, el límite ó línea superior, muy clara y manifiesta, puede presentar dos aspectos distintos: unas veces toma la forma convexa, coincidiendo en este caso con la llamada *curva de Damoisseau;* otras se presenta en forma de línea horizontal, y pocas en las de una curva de concavidad superior.

El derrame pleurítico, antes de enquistarse obedece en absoluto á las leyes de la pesantez en los cambios de postura: cuando el sujeto, en vez de pie ó sentado, está acostado, el derrame, alojándose en el canal costo-vertebral, da una opacidad, á poco abundante que sea, que ocupa toda la cavidad pleurítica.

Durante los movimientos respiratorios se dibujan en la pantalla los movimientos de elevación y depresión del derrame, que cuando toma la forma de la curva de Damoisseau se deprime y queda casi en línea recta. Los movimientos bruscos que al paciente se pueden imprimir no se traducen, cuando no hay aire en la cavidad pleurítica, en movimiento oscilatorio del líquido derramado.

El mediastino, como ya dejamos dicho, se halla repelido hacia el lado sano, y, por lo tanto, también la punta del corazón, que casi siempre sigue los movimientos del diafragma. El cambio de

lugar de la punta del corazón varía según los movimientos respiratorios y la posición del enfermo.

La transparencia de la parte libre del derrame indicará casi siempre la normalidad pulmonar, y, por lo tanto, será favorable indicio pronóstico.

Bergonié y Carrière publican en el número 79 de los *Archives d'electricité médicale* un notable estudio fluoroscópico de los derrames pleuríticos, del cual creemos de gran utilidad publicar íntegramente algunos párrafos:

«Cuando el nivel del líquido presenta á la percusión y al examen fluoroscópico la curva clásica de Damoisseau, podemos convencernos que la parte convexa (casco de Rosenbach) corresponde á una zona hiperemiada ó atelectásica, porque basta ordinariamente hacer toser violentamente al paciente ó mandarle hacer cuatro ó cinco inspiraciones fuertes, para convertirse la línea convexa en horizontal.

»En casos más raros la opacidad tiene un límite superior cóncavo hacia arriba. De estos casos hemos encontrado la explicación del fenómeno: el pulmón adherente á la pared costal estaba más ó menos profundamente sumergido en el líquido, y en la zona del derrame ocupada así por el pulmón se encuentra una transparencia parcial y parece de esta suerte que el límite superior es cóncavo hacia arriba.

»No es raro encontrar modificaciones en la situación del límite superior. Los desplazamientos son algunas veces sincronos con las pulsaciones cardiacas: el hecho es muy raro. Pero sobre todo en el estudio del desplazamiento del corazón es en el que la fluoroscopia presta grandes servicios, aun en los casos en que la fonendoscopia y la percusión no dan más que datos negativos.

»Hemos podido comprobar que en los derrames del lado derecho poco abundantes, no hay cambio de la punta del corazón en el decúbito dorsal. Se hace sentar al enfermo ó acostar del lado izquierdo, y se percibe bien pronto un desplazamiento de la punta hacia el lado izquierdo de tres á cinco centímetros.

»Jamás hemos visto en el hombre normal moverse el corazón

en tales proporciones con los cambios de posición. El corazón baja dos ó tres centímetros en la inspiración forzada; pero no se nota jamás cambio de posición lateral.

»En los derrames más abundantes se percibe un cambio de la punta hacia la izquierda, más considerable todavía, pero que apenas se modifica por los cambios de posición del sujeto.

»En todas nuestras observaciones hemos cuidado de estudiar el estado del parénquima pulmonar colocado por encima del derrame, y creemos que en la actualidad pueden darse las reglas siguientes:

»Siempre que el tórax por encima del derrame está uniformemente transparente, el pronóstico es favorable: no hay temor á la tuberculosis pulmonar.

»Por el contrario, cuando se encuentran por encima del líquido opacidades más ó menos extensas, más ó menos regulares, que no desaparecen después de algunas inspiraciones forzadas, se trata entonces de una infiltración bacilar, y el pronóstico debe ser reservado.»

En la pantalla fluoroscópica pueden apreciarse los progresos del derrame en su período de crecimiento por el aumento de extensión de la sombra pleurítica; pero cuando el derrame se va reabsorbiendo, no es la opacidad de la pleura la que nos puede dar el grado de disminución, porque persisten, aun después de reabsorbido el derrame, por mucho tiempo opacidades debidas á las falsas membranas y en algunas ocasiones al estado pulmonar, en cuyo caso nos dará la medida del descenso la vuelta del corazón hacia su posición normal.

Cuando el corazón ha vuelto á su posición normal, si además de las opacidades existen trastornos en el movimiento mecánico del pulmón, hay motivo más que fundado para sospechar la existencia de adherencias pleuríticas, trastorno que no hay que confundir con la parexia diafragmática consecutiva á la lesión de la serosa que la recubre, y que es muy frecuente en la convalecencia de la pleuresía.

Si el derrame en vez de líquido es gaseoso, si existe un pneumotórax, entonces la claridad que se percibe en el fluoros-

copio es mucho más intensa en el lado enfermo que en el sano.

Forma un contraste notable cuando existe con el pneumotórax un derrame líquido; en el hidro-pneumotórax se ve en la parte inferior una negra opacidad que hace resaltar más la claridad producida por el aire acumulado en la parte superior, que ha dado lugar á que Williams lo compare á un frasco á medio llenar de tinta. Así como hemos dicho en los derrames pleuríticos que las sacudidas que al paciente se imprimen no producen variación en la figura y nivel de la opacidad, cuando coexiste con éstos el pneumotórax, entonces pueden percibirse claramente las ondulaciones producidas por los movimientos que se impriman á la caja torácica.

Si se observa el conjunto del movimiento respiratorio correspondiente á las dos mitades de la caja torácica, se ve que en la inspiración desaparece la forma convexa diafragmática del lado sano por depresión del músculo, á la par que se eleva la línea correspondiente del derrame pleurítico, simulando ó presentando el aspecto de un balanceo, cuyos movimientos, al parecer paradógicos, se explican del modo que sigue en un brillantísimo estudio del Dr. A. Béclère, titulado *Los rayos de Roentgen y el diagnóstico de las afecciones torácicas:* «En el estado normal, durante la inspiración la capacidad de la caja torácica se agranda en todos sentidos, y principalmente en el vertical. El nivel de una masa líquida acumulada en la parte inferior de la cavidad pleurítica llena de aire, debería bajar durante la inspiración siempre que el diafragma del lado izquierdo hubiera conservado sus contracciones. Por esto es preciso no olvidar que en esta cara la mitad enferma del diafragma, según la ley de Stokes, ha perdido casi siempre toda propiedad contráctil. Con cada inspiración coinciden, la depresión de la mitad sana del diafragma, la disminución de la presión intra-torácica, y un aumento de la presión intra-abdominal. Si la mitad enferma del diafragma ha perdido á la vez su contractilidad y su tonicidad, no solamente no baja durante la inspiración, sino que no opone ningún obstáculo á la transmisión de la presión abdominal al líquido derramado en la pleura. Este líquido, á cada inspiración es desviado por la

presión más fuerte que se le transmite á través del diafragma inerte; por esto se eleva en la cavidad torácica. Resumiendo: en los derrames hidro-aéricos de la pleura derecha ó izquierda, los movimientos de balanza del líquido pleurítico y de la mitad sana del diafragma durante los movimientos respiratorios, dan fe de la inercia del diafragma del lado afecto.»

»Independientemente de estos movimientos de balanza, yo recuerdo que se observa muchas veces, como lo he señalado precedentemente, un desplazamiento momentáneo del mediastino en la inspiración, lo mismo en los derrames hidro-aéricos que en los derrames líquidos de la pleura.»

Por último, lo mismo las fístulas torácicas consecutivas á la operación del empiema, que la operación de Estlander, encuentran en este medio de exploración una guía segura que les señala, en caso de esta última, la extensión de la resección, y en el de la fístula, la dirección de ella y su longitud, haciendo el examen radioscópico previa la introducción de un estilete metálico.

III. ENFERMEDADES DEL PULMÓN.—La imagen radioscópica de la congestión pulmonar da una sombra no muy acentuada de la región congestionada y proporcionada á la extensión de ésta, que se desvanece casi totalmente haciendo practicar al enfermo inspiraciones profundas; es de límites poco marcados, debiendo tener presente que en esta afección los movimientos diafragmáticos no sufren alteración.

En la pulmonía son tan claros y evidentes casi siempre los síntomas que presenta, que no presta utilidad el reconocimiento radioscópico, si se exceptúan algunas neumonías larvadas de los niños y de los viejos, en que la presencia de sombras nunca bien limitadas puede contribuir á establecer el diagnóstico. Pero en cambio, cuando el pulmoniaco termina su convalecencia, siempre será conveniente el examen radioscópico, que indicará si el pulmón ha vuelto á su completa normalidad, ó enseñará las lesiones ó vestigios que haya dejado como sécula.

De un modo general, y como ya hemos dicho, todos los esta-

dos que tiendan á disminuir la capacidad respiratoria por disminución de calibre de las vesículas pulmonares, se traducirán por una disminución de la claridad radioscópica, mientras que cuando den lugar á un aumento de volumen en las vesículas como el enfisema pulmonar, se manifestarán por un aumento de la claridad normal.

Un caso relatado por M. C. Oddo, comprobado directamente por la autopsia, demuestra la posibilidad de haber hecho un diagnóstico seguro, con motivo del error cometido en un enfermo de antracosis pulmonar que se había diagnosticado de esclerosis bronco-pulmonar con dilatación de los bronquios, comprobándose en la autopsia la existencia de una caverna antracósica en el sitio que el examen radioscópico marcaba una opacidad ovoidea del grueso de un huevo de pavo, coincidiendo la distribución de las zonas antracósicas con las zonas opacas de la radiografía.

La existencia de ciertos tumores puede comprobarse por medio de la Radioscopia y Radiografía, y se citan algunos casos de quistes hidatídicos. Estos neoplasmas podrán dibujar sombras que nada aclaran sobre su naturaleza.

La existencia de ganglios tráqueo-bronquiales de diagnóstico sumamente difícil, puede descubrirse por el examen radioscópico. Se presentan bajo la forma de manchas obscuras de contornos irregulares festoneados, adosados á la sombra de la columna vertebral, de la que sobresalen más ó menos, según el tamaño del ganglio hipertrofiado, pero que conviene saber que son fijas y sin movimiento alguno, para evitar la confusión con la sombra que pueden dar los aneurismas de la aorta, que presentan movimientos rítmicos de dilatación y contracción. El diagnóstico de las adenopatías será tanto más fácil si los ganglios contienen sales calcáreas.

A Bouchard se deben las primeras nociones de los beneficios reales que los rayos X aportan al diagnóstico de la tuberculosis, enfermedad tan oculta en muchas ocasiones, que se hace imposible un diagnóstico seguro hasta que se patentiza por sus grandes estragos. Posteriormente Williams, Maragliano, Béclère, y

muy particularmente Kelsch, han demostrado que la Radioscopia, y sobre todo la Radiografía, permiten establecer un diagnóstico precoz en períodos en que todavía la auscultación no da más que signos inciertos.

Cuando la Radioscopia no suministra todavía datos suficientes, la placa impresionada demuestra lo que la pantalla fluorescente no ha podido revelar. El diagnóstico precoz que puede hacerse en este primer período *latente*, en el período que llama Grancher de *germinación*, es de una utilidad inmensa en todas las esferas sociales, pero en ninguna como en el ejército, y con especialidad en el reconocimiento de los reclutas, ya que, por desgracia, ésta es la mayor de las plagas que azotan á la humanidad.

El Dr. Larat, que ha emprendido trabajos respecto á este interesante asunto bajo la dirección de M. Grancher, dice: «No nos parece demostrado que la Radioscopia permita diagnosticar la tuberculosis latente. Creemos que no avanza en sus revelaciones á los otros métodos de exploración, y que las modificaciones del murmullo vesicular, de las que el profesor M. Grancher ha demostrado la importancia capital en el diagnóstico precoz de la tuberculosis, son un elemento de información más preciso que la Radioscopia. ¿La Radioscopia puede adelantar á la auscultación bajo el punto de vista de las lesiones que no se acompañan de ninguna anomalía, de ningún signo físico, de ninguna alteración del murmullo vesicular? Esto está lejos de estar demostrado; pero, por el contrario, lo que está probado es que puede ayudar al diagnóstico, confirmando los signos dudosos ó insignificantes dados por la auscultación.»

En el período de germinación se observa una sombra ligera en el vértice de uno ó ambos pulmones, ó un verdadero jaspeado de pequeñísimas manchas que se destacan en un fondo más claro. Además, los movimientos normales del acto respiratorio se hallan alterados, la expansión pulmonar disminuída, el pulmón del lado afecto desciende mucho menos en la inspiración, sobre todo en la inspiración forzada, porque el diafragma desciende menos que en estado normal, mientras que al termi-

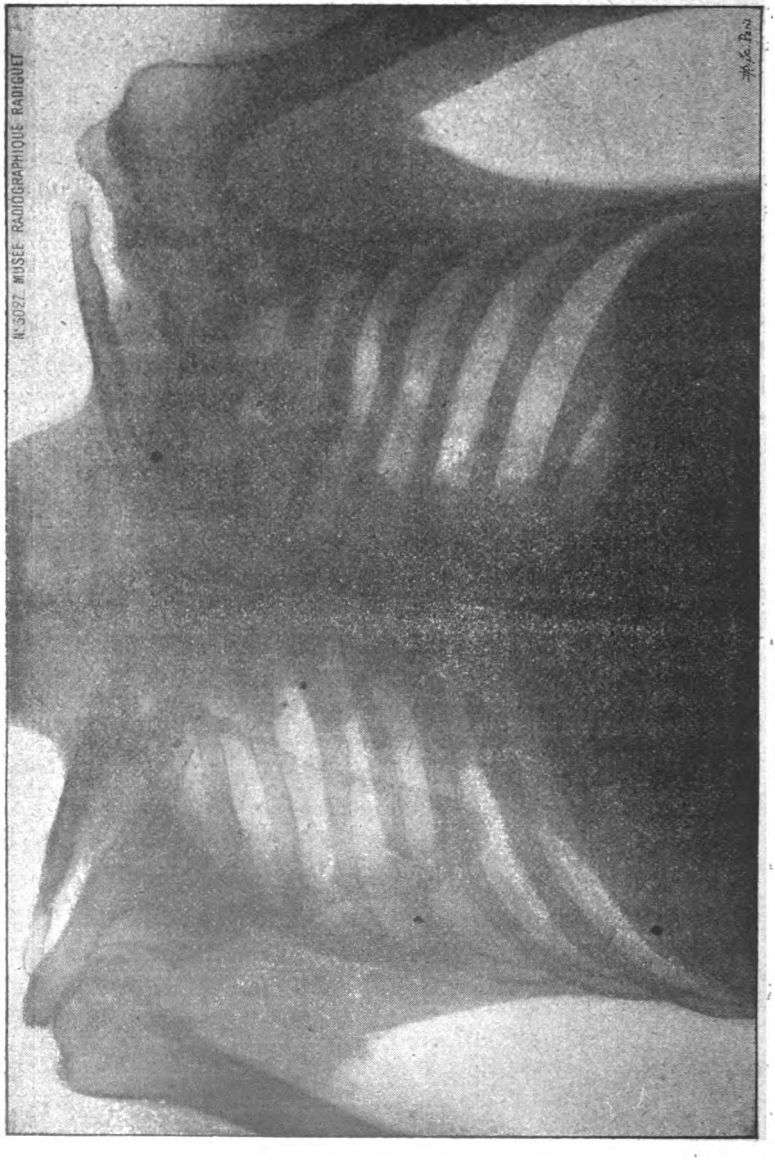


Fig. 100.—Pulmón tuberculoso.

nar la espiración llega al mismo nivel que su congénere (figura 100). A esta alteración, señalada por Williams, que, unida á la opacidad ó manchas, es un precioso signo diagnóstico, hay que añadir el aspecto de disminución de tamaño que los pulmones tuberculosos tienen comparados á un pulmón sano, á causa de haber perdido algo de su elasticidad el tejido pulmonar.

En períodos más avanzados de la enfermedad, las opacidades se presentan en forma de manchas irregulares, y en éstas, otras todavía más opacas, correspondientes á las partes calcificadas. Las opacidades forman contraste con la claridad de las partes sanas que las rodean.

Cuando se presenta el período cavernoso, la sombra, producida por la infiltración se aclara, se hace más transparente en su centro, claridad tanto mayor cuanto más periférica es la caverna, pues las profundas se marcan muy difícilmente, y en ocasiones sigue presentando la opacidad que caracteriza á la infiltración pulmonar.

M. Regnier, en su *Radioscopie et Radiographie cliniques*, dice: «El carácter esencial de la sombra radioscópica de las cavernas es la presencia de una zona más ó menos regularmente anular, muy obscura, rodeando á otra más clara ó desde luego más luminosa, mientras que el resto del pulmón en sus vecindades queda más ó menos obscuro.»

Pero no siempre se observan las cavernas con esta claridad en las pantallas fluoroscópicas ó en la placa radiográfica: unas veces por estar muy profundas, en cuyo caso no se manifiestan por la gruesa capa de tejido pulmonar condensado que tienen que atravesar las radiaciones, y otras por estar las cavernas llenas de pus, que, como todos los líquidos, es opaco á los rayos X.

Aun cuando las ventajas para el diagnóstico en estos períodos no son muy señaladas, puesto que se evidencian las lesiones con tanta claridad por los otros métodos de investigación, no por eso deja de prestar utilidad inmensa para el pronóstico por demostrar como ningún otro medio la extensión é importancia de las lesiones, y además del concurso que presta al diagnóstico diferencial con otras enfermedades de carácter consuntivo.

IV. ENFERMEDADES DEL CORAZÓN Y DE LA AORTA.—El examen radioscópico del corazón, en la atrofia y la hipertrofia, presenta ventajas sobre la percusión, pues aunque en la inmensa mayoría de los casos la percusión limita perfectamente el volumen ventricular de esta entraña, la interposición entre ella y la cavidad torácica de una lámina de pulmón enfisematoso puede enmascarar la limpieza del sonido mate y producir un error de apreciación. Por otra parte, la situación de las aurículas no es abordable para la percusión, mientras que la Radiografía puede hacer formar un concepto bastante exacto de sus cambios de dimensión.

Para apreciarlos es indispensable haberse habituado al examen del corazón normal, que se presenta bajo la forma de una sombra triangular cuya base se halla hacia la de la quinta ó sexta vértebra dorsal, que se halla aumentada y reforzada por la penumbra del corazón y de vértice opuesto que se confunde con la sombra de la mitad izquierda del diafragma.

Para examinar el corazón es conveniente que el paciente mantenga el pecho en dilatación todo lo posible, puesto que aumentando la cantidad de aire en los pulmones, la mayor transparencia de éstos deja percibir con más claridad los detalles de la sombra cardiaca, facilitándose así la percepción de los latidos del corazón y aórticos. Además hay que practicar la radioscopia lateral, única manera de estudiar los espacios retro-externales y cardiacos, y de apreciar el diámetro antero-posterior del corazón. Gran parte de la sombra producida por el corazón sobre la pantalla forma un todo con la del esternón y columna vertebral.

Desde luego se comprende cuánto ayuda al diagnóstico de las atrofias, insuficiencia de desarrollo, hipertrofia, cambios de situación totales y parciales debidos á los estados esclorósicos, á las lesiones valvulares y consecutivas á lesiones pulmonares.

El medio más sencillo de diagnosticar una pericarditis con derrame es el que nos ocupa, por la gran limpieza y forma característica con que se dibuja, tanto en la pantalla como en la placa fotográfica (fig. 101).

En un caso de aversión del corazón diagnosticado radioscópicamente por M. Bouchard, y del que se dió cuenta en la sesión del 3 de Diciembre de 1898 á la Sociedad de Biología, pudo comprobarse la falta del corazón á la izquierda y su existencia en el lado derecho. El corazón se presentaba á la pantalla rela-

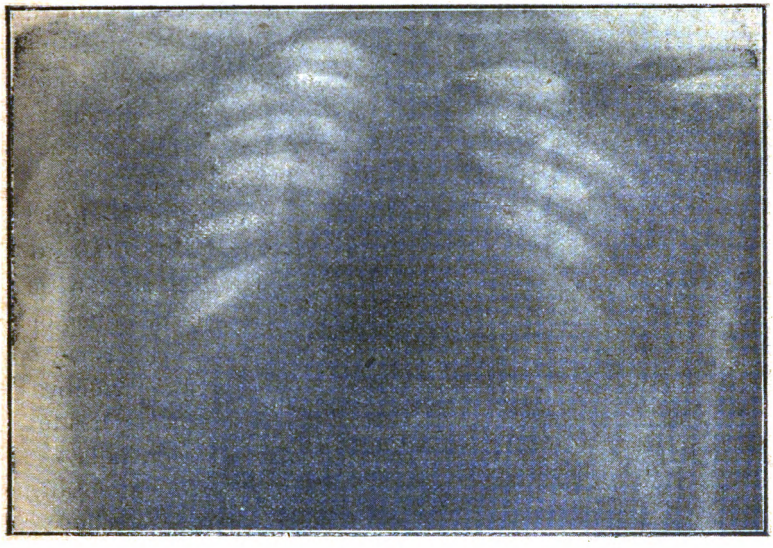


Fig. 101.—Hidropericardias.

tivamente obscuro, percibiéndose además inclinación bastante más acentuada de las costillas, el diafragma en el lado derecho inmóvil, y observábanse adherencias pleuríticas derechas que fueron indudablemente las que arrastraron y fijaron el corazón en este lado y posición.

Para estudiar la aorta en estado normal, no basta la radioscopia anterior, ni la posterior, ni las laterales: es necesario hacer el examen oblicuo anterior derecho, con una inclinación de 45°, en que la luz del tubo penetre en el pecho al nivel de la fosa infra-espinosa izquierda, con la inclinación que hemos señalado con relación al diámetro postero-anterior, lo cual no excusa la

radioscopia oblicua izquierda. M. Béclère resume en las siguientes palabras la investigación radioscópica de la aorta: «La exploración de la aorta torácica por medio de la pantalla fluorescente, debe comprender, para ser completa, cuatro exámenes sucesivos en posiciones diferentes del sujeto: el examen anterior, el examen posterior, el examen lateral izquierdo, y, sobre todo, el examen oblicuo anterior derecho, sin contar que es muy útil hacer girar lentamente al individuo para pasar gradualmente, por ejemplo, del examen anterior al oblicuo anterior derecho ó viceversa, sin dejar de observar en la pantalla toda la serie de imágenes del cayado aórtico. Para tener derecho á afirmar que la aorta tiene su calibre fisiológico desde el corazón al diafragma, no es suficiente no descubrirlo en el examen anterior ni en el posterior: es preciso además, en el examen lateral izquierdo, encontrar en los dos espacios retro-external y retro-cardiaco, su claridad y extensión habituales; es preciso, sobre todo en el examen oblicuo derecho, reconocer al prolongamiento aórtico su forma y sus dimensiones normales. Por otra parte, esta comprobación no es posible más que cuando no hay lesión de los otros órganos torácicos capaz de alterar la imagen observada en la pantalla.»

La sombra que la aorta proyecta sobre la pantalla, ensancha la de la columna vertebral á la izquierda y por la derecha; pero como es de mucha menos densidad que ésta, se puede decir que es una verdadera penumbra.

Los aneurismas de la aorta, no sólo difíciles, sino algunas veces imposibles de diagnosticar, se manifiestan claramente á una buena investigación radioscópica (fig. 102). La sombra aórtica, que se presenta bajo la forma de una cinta de bordes paralelos, pierde su paralelismo; en los casos de aneurisma se percibe la dilatación y los movimientos pulsátiles isócronos con los cardiacos y con las pulsaciones carótidas; pero procúrese no tomar como aneurismas las simples dilataciones de la aorta, que aumentan el volumen de la cinta, pero sin perder el paralelismo; en este caso se percibe también el aumento de la curvatura del cayado.

La investigación de los aneurismas debe verificarse en todos

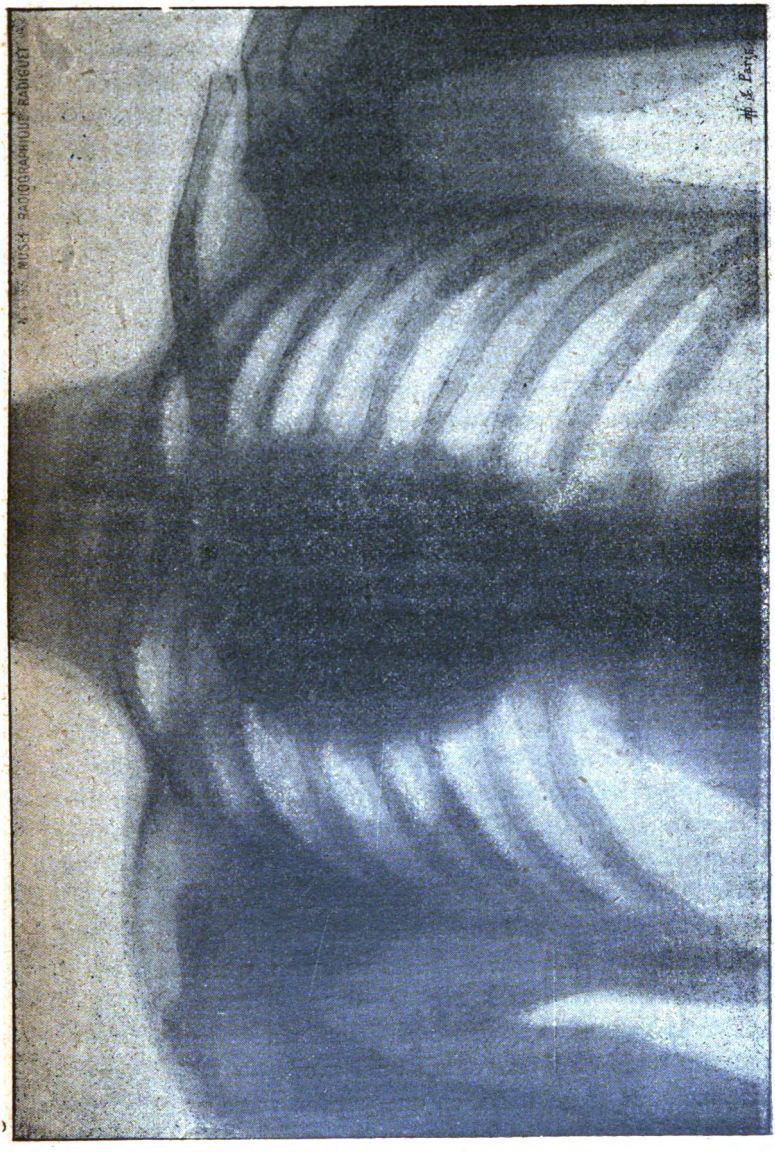


Fig. 102.—Aneurisma de la aorta.

los planos que hemos descrito; y siempre en general que en este examen ó en una placa radiografiada percibamos una sombra ó mancha opaca que rebasa en una extensión mayor que la normal, en uno ó en ambos lados, la sombra ósea media de la caja torácica, podemos decir que nos hallamos en presencia de un aneurisma, y mucho más si á la inspección radioscópica se manifiesta esta sombra pulsátil y sin paralelismo. El examen debe ser todo lo detenido que hemos expuesto, porque aneurismas ocultos por la sombra media pueden descubrirse á los laterales y oblicuos, sobre todo por las variaciones que los aneurismas imprimen á la transparencia de los espacios retro-external, si el aneurisma está próximo al nacimiento de la arteria, y al retro-cardiaco cuando se halla en la tercera porción del vaso.

La evidencia del positivo resultado de la Radiografía en esta lesión, lo demuestra el caso presentado por los Dres. Verger y Abadie á la Sociedad de Anatomía y Fisiología, en que el examen físico no daba síntomas que pudieran hacer pensar en un aneurisma de la aorta; tratábase de una mujer delgada, con arterias ateromatosas con una tensión arterial muy intensa, sin que la percusión diera anormalidad alguna, y cuyo síntoma culminante era una marcada disfagia por paralisis de la cuerda vocal izquierda que M. Moure encontró al examen laríngeo, lo que hizo pensar en la probabilidad de un aneurisma que se demostró por el examen radioscópico, practicado por Bergonié, en la forma de una masa opaca del tamaño de una manzana ordinaria redonda, situada al lado izquierdo del puño del esternón.

El estudio radioscópico y radiográfico no sólo puede evidenciar la existencia de los aneurismas en casos imposibles de diagnosticar por otro método de investigación, si que también da como ningún otro noción de su volumen y exacta situación y sus probables relaciones con los órganos vecinos. También pueden observarse los progresos de la enfermedad en repetidas y espaciadas sesiones y las ventajas del moderno tratamiento de las inyecciones de gelatina, en que pueden verse las capas sucesivas de coágulos que se forman en la pared aneurismática, y si se efectúa ó no la obliteración del saco y su reducción.

V. OTRAS AFECCIONES INTERNAS.—En el diagnóstico del reumatismo es útil la exploración por medio de los rayos X.

La desaparición paulatina y gradual de los cartílagos articulares, el aumento de las extremidades óseas y hasta algunas veces las subluxaciones, así como lo borrosos que se ponen los contornos óseos y la menor transparencia de los huesos por el enrarecimiento de la substancia esponjosa y la decalcificación que sufren, caracterizan el reumatismo crónico.

En la gota, por el contrario, se conservan los cartílagos de las superficies articulares; pero los tofos y las infiltraciones úricas que invaden las articulaciones, se presentan en forma de manchas blanquecinas, mejor dicho, más claras, que contrastan con la opacidad de los huesos.

Las nudosidades de Heberden, constituídas por mamelones óseos ú osteo-fibrosos, que por algunos, como Potain, se consideran como afección gotosa, y por otros se creen una manifestación del reumatismo crónico deformante, se perciben por este medio.

M. Béclère dice que cuando sin alteración torácica ni del estómago la investigación radiográfica acusa una desigualdad de las excursiones del diafragma, puede ayudar á reconocer sea la atrofia parcial de estos músculos en las aniotrofias progresivas, sea su parexia en los casos de lesiones del nervio frénico, compatibles con la vida. Inversamente la amplitud exagerada de las excursiones diafragmáticas puede suplir la atrofia de los otros músculos inspiradores, como lo han observado MM. Guillot y Henriot en un caso de atrofia muscular progresiva.

También pueden comprobarse, como así lo consignan Larat, Béclère y otros, las atrofias debidas á las mielitis, siringomelia, es decir, de origen nervioso por el enrarecimiento del esqueleto, que se va reabsorbiendo por una parte, así como por otra se verifican osificaciones, unas peri-articulares y otras á distancias.

En el *Boletín de la Academia de Medicina* de 23 de Enero de 1900, el Dr. Lucas Championnière hace la historia de un absceso del hígado que la casualidad hizo que se descubriera por medio

de la radiografía y confirmado por la punción, que dió por resultado la curación del enfermo.

A la Sociedad médica de los hospitales presentó Béclère un curioso caso de absceso infra-frénico en comunicación con los bronquios y descubierto por la radioscopia en un hombre al parecer robusto y de buena salud habitual, que súbitamente sufrió un vivo dolor en el costado izquierdo durante el sueño, después del cual se hizo dispnéico al menor esfuerzo, y que se le consideraba como un tuberculoso, habiendo tenido posteriormente una vómica muy abundante. A pesar de haber hecho el examen radioscópico, no pudo el autor dilucidar la procedencia del pus hasta un día en que hizo el examen radioscópico por la mañana, más temprano que de costumbre: pudo comprobar en el hipocondrio derecho la existencia de una zona clara, indicio de una colección gaseosa, situada en el espacio inter-hepático-diafragmático derecho, no llegando á hacerse hasta tres años después del comienzo de la enfermedad el diagnóstico preciso de absceso infra-frénico en comunicación con los bronquios. (*Archives d'electricité médicale,* 1900.)

CAPITULO III

RADIOPATOLOGÍA Y RADIOTERAPIA

I. RADIOPATOLOGÍA.—Que los rayos X ejercen determinada acción sobre el organismo, se demostró, apenas comenzaron sus aplicaciones á la Medicina, por los trastornos que se manifestaron en algunos de los enfermos en quienes se usó este medio de exploración y también en los operadores que lo aplicaban; accidentes, algunas veces de importancia, que influyeron no poco en el retraimiento que por parte de los médicos hubo en cuanto se publicaron los primeros casos, retraimiento que cesó cuando los progresos técnicos, disminuyendo considerablemente el tiempo de exposición y aumentando la distancia del tubo con relación al modelo, convencieron de que los accidentes eran debidos á defectos de procedimiento ó técnica operatoria.

Las primeras observaciones de accidentes ocasionados por la aplicación de los rayos X, fueron debidas á Rad Crocker, Loret, Apostoli, Richer y Londe, recayendo siempre en enfermos cuyas experiencias habían sido de larga duración y los tubos colocados muy próximos á la piel. En el enfermo de Rad Crocker, una radiografía de pecho, la experiencia había durado una hora, y el de Apostoli sufrió dos sesiones, una de cuarenta minutos y otra de hora y media, y el tubo se colocó á nueve centímetros de la piel.

Los diversos trastornos que se atribuyen á la acción de las radiaciones roentgenianas se localizan generalmente en la piel, y desde los eritemas hasta las gangrenas del tegumento externo se ha señalado una escala de lesiones comprendida entre estos

dos extremos, siendo de notar que siempre se manifestaron después de transcurrir algunos días de la experiencia que las motivó.

La caída del pelo es otra de las acciones que produce esta clase de radiaciones, hasta el punto de constituir un excelente y positivo medio de depilación, aun cuando haya que advertir que sólo se consigue después de repetidas sesiones, y el resultado no es definitivo, puesto que al interrumpir las aplicaciones vuelve á salir el pelo, y no se obtiene una depilación definitiva hasta después de tres ó cuatro veces de haber caído los nuevos brotes.

El Dr. Oudin, que ha hecho un estudio especial de las lesiones producidas por este medio de exploración, hace en los *Annales d'électrobiologie* (núm. 4, 1901) un detenido y brillante estudio de los accidentes cutáneos, que divide en dos formas clínicas bien definidas, á las que denomina *radiodermatitis aguda* y *crónica;* manifestando que la distinción en accidentes agudos y crónicos no tiene la general significación clínica que á estas palabras se asigna, dándose estos calificativos según la forma, más que por su marcha y duración, puesto que una radiodermatitis crónica puede ser de menos duración que una aguda, pero su marcha es insidiosa y no se produce más que lentamente.

En la radiodermatitis aguda admite un primer período, constituído por eritema, que se produce á las veinticuatro ó treinta y seis horas después de la exposición; un segundo caracterizado por vesículas, flictemas y ampollas, con picores, supuración, sensación de quemadura, gran escozor, depilación, y como característica, la pigmentación, que iniciada en el primer período, se acentúa en éste extraordinariamente alrededor del eritema y se extiende muy lejos de la región afecta; el tercer período se caracteriza por la ulceración superficial debida á la rotura de los flictemas, que deja los tejidos denudados y ulcerados y que posteriormente se mortificarán, pasando al cuarto período ó de escarificación, en que vuelven á aparecer los dolores con gran agudeza; en el quinto período cae la escara dejando una profun-

da ulceración de grandes mamelones carnosos, bordes cortados á pico, de gran torpidez y poca tendencia á la cicatrización. Cuando ésta se verifica, la cicatriz es lisa, regular, de un blanco que contrasta con la ya mencionada pigmentación, y sin ninguna tendencia á la cicatrización.

Todos y cada uno de estos períodos pueden tener, según Oudin, varios meses de duración. Este autor define un cuadro sindrómico tan delineado, tan bien definido, tan bello, que su misma belleza y el vigor de sus líneas hacen dudar de que sean fiel trasunto de la realidad, acostumbrados como estamos en Medicina á observar enfermos y no enfermedades. Indudablemente ha querido englobar todos los síntomas que se han presentado aisladamente en los diversos casos de accidentes, procurando formar una entidad nosológica, quizás prematuramente.

El modo de producirse estas lesiones ha sido objeto de muchas discusiones y no pocas experiencias, no existiendo unanimidad más que en la observación de que nunca se han experimentado accidentes cutáneos cuando los tubos se han iluminado por medio de la máquina estática, lo cual ha conducido á Bordier y Salvador á emprender una serie de experiencias, con las que han demostrado que los tubos excitados por las máquinas electro-estáticas no tienen ninguna acción electrolítica, al contrario de lo que sucede cuando lo son por carretes de inducción. Estos autores han operado con bobinas de 25 y 55 centímetros de chispa actuando sobre un electrolito, que lo era el sulfato de cobre, deduciendo de sus experiencias que en la descomposición electrolítica influyen tres causas principales, que son: 1.°, la distancia del tubo á la substancia electrolítica; 2.°, la naturaleza del tubo productor de los rayos X; 3.°, el número de interrupciones. Deducen, además de que la acción electrolítica es indudable cuando se expone un electrolito cualquiera delante de un tubo de Crookes en actividad, que los rayos X no son la causa de esta descomposición, puesto que no se manifiesta cuando se experimenta con máquinas franklinianas y sí sólo con los carretes de inducción, y aun con éstos basta interponer una lámina delgada de aluminio en comunicación con el suelo para que la

descomposición no tenga lugar, lo cual equivale á dejar pasar las radiaciones, pero interceptando todo paso de electricidad.

En la actualidad se cree que todos los trastornos son debidos al intenso campo eléctrico que se forma alrededor del tubo, procedente de la onda inducida de ruptura, que es de una gran intensidad.

La acción eléctrica debida á esta onda es muy débil, tarda en producirse, y por eso transcurre mucho tiempo y se necesitan varias sesiones para que las terminaciones de los nervios tróficos de la piel hagan una seria protesta originando las lesiones enumeradas.

Seguy y Quenisset han señalado la existencia de palpitaciones del corazón y cardialgias que no deben achacarse á autosugestiones, puesto que se han presentado en operadores después de mucho tiempo de estar utilizando las radiaciones roentgenianas; pero indudablemente han recaído en individuos muy sensibles.

Lo mismo las palpitaciones que los temblores de los dedos muy parecidos á los del alcoholismo, también observados en algunos de los que manipulan con los rayos X, cesan lentamente y sin más consecuencias suprimiendo la causa productora.

Barthélemy, Darier y Oudin han observado paraplegias en los conejos de Indias, á consecuencia de sesiones radiográficas que Oudin considera debidas, no á neuritis secundarias, sino á alteraciones directas con destrucción de los elementos nerviosos, porque siendo la piel del conejo muy resistente á los rayos, es, en cambio, la médula espinal muy superficial y poco defendida para el escaso espesor óseo, siendo por esta causa fácilmente lesionada por las radiaciones.

También se han observado vómitos como consecuencias de radiografías abdominales, desarrollados doce ó más horas después de la aplicación, sin dolor, ni molestia de otra clase más que una inapetencia absoluta acompañada de saburra lingual.

Otros muchos trastornos se han indicado como consecutivos á las radiaciones, entre ellos cefalalgia, insomnios, anestesias, etc., trastornos que más bien pueden considerarse como

casos de impresionabilidad debidos al temor que inspira en algunos lo desconocido y al imponente aparato de que se rodean muchos radiógrafos.

Por nuestra parte, fuera de la caída de los pelos que se ha presentado, sin protesta por parte de la piel, podemos afirmar que no hemos tenido ocasión de observar ninguno de estos accidentes, á pesar del uso diario que hacemos de los rayos X. Pero, de todos modos, para evitar los accidentes indicados es conveniente no operar á corta distancia del tubo, evitar las exposiciones largas, y cuando éstas sean indispensables, proteger la región con una pantalla de aluminio en comunicación con el suelo, lo cual no quita intensidad ni limpieza á la radiografía.

II. RADIOTERAPIA.—La acción patológica que los rayos X ejercen sobre el organismo, ha hecho pensar en la conveniencia de utilizarlos para combatir distintas enfermedades. A las aplicaciones terapéuticas de las radiaciones roentgenianas se las denomina *Radioterapia*. Este nuevo aspecto de la Radiología, que tiene en la actualidad grandes adeptos, apenas está esbozado, y los resultados muchas veces son contradictorios por los apasionamientos propios de todas las novedades, aun cuando éstas sean científicas.

Ha querido hacerse de la Radioterapia una panacea para el tratamiento de la tuberculosis por la acción bactericida que, según Rieder, tienen los rayos X sobre el bacilo de Koch *in vitro*, acción negada experimentalmente por Doyon, Bergonié, Achard y otros, de un modo, á mi entender, bastante concluyente.

Beauregard y Guichard han estudiado la acción de los rayos X sobre los microbios, disponiendo las experiencias de manera que quedase eliminada la acción de los efluvios eléctricos. Las experiencias fueron practicadas con un caldo de cultivo notable por la movilidad de los microbios que contenía. Estos microbios de gran agilidad presentaban, además de los movimientos de oscilación y reptación, movimientos de voltereta, cuyos movimientos no se alteraban ni variaban en sus caracteres, á pe-

sar de las pequeñas distancias á que se colocaban los tubos y la intensidad grande de la bobina empleada, que era de 35 centímetros de chispa, con una corriente primaria de 24 voltios y 8 amperios. Estas mismas condiciones de experimentación producen en el hombre y en los animales desórdenes en la piel, de lo cual deducen los experimentadores citados que la sensibilidad de los microbios á los rayos X es muy inferior á la de los elementos de los tejidos vivos de los animales superiores.

A pesar de las experiencias directas sobre los microbios, Luraschi, Lortet, Genoud y otros, han experimentado en animales tuberculizados, deduciendo que la Radioterapia modifica favorablemente la infección tuberculosa; en tanto que otros experimentadores, entre ellos Bertin-Sans, deducen de sus experiencias que los rayos X favorecen la generalización de la infección y perjudican la nutrición de los animales objeto de sus observaciones.

Entre esta diversidad de opiniones experimentales se citan muchos casos de tuberculosis en el hombre que animan al ensayo, y se publican á la vez otros contradictorios que obligan al clínico á desviarse de este medio de tratamiento.

Ausset y Bedard publican dos casos de peritonitis crónica tuberculosa muy curiosos, entre ellos el de una niña de nueve años en que, habiendo agotado inútilmente toda clase de tratamientos, se consiguió desde la primera aplicación de los rayos X disminuir el derrame, reabsorbiéndose en las sucesivas, adquiriendo la pared abdominal su tensión natural y también su normalidad el estado general, que era anteriormente muy deplorable.

Por nuestra parte no hemos tenido ocasión de observar más que un solo caso, que recaía en una señorita de veintiún años de edad, enferma del eminente clínico Dr. Hergueta, en la cual creímos observar una notable mejoría en las primeras sesiones, que se estacionó bien pronto, sin que pudiéramos obtener ventajas definitivas ó positivas del tratamiento, que fué continuado durante un mes.

Pero si en la tuberculosis generalizada los resultados son muy dudosos, hoy tiene la Radioterapia un ancho campo de

aplicación en las enfermedades de la piel, incluso en las manifestaciones tuberculosas.

Hahn, Noble, Schonberg, Kapossi y muchos dermatólogos, tratan el lupus con gran resultado por la Radioterapia, publican numerosos casos y brillantes estadísticas. Es un ferviente partidario de este tratamiento Kapossi, el cual extraña que los resultados sean tan beneficiosos en el lupus eritematoso como en el vulgar, siendo dos afecciones tan distintas bajo el punto de vista histológico.

Tres casos hemos tenido en nuestra práctica de lupus tratados por los rayos X, de los cuales uno está empezando el tratamiento y los otros dos han salido completamente curados: uno de éstos ha recaído en D. Eusebio Cuesta, después de haber usado toda clase de tratamientos y cauterizaciones sin obtener más que mejorías pasajeras, después de muchos años de padecimiento. Para el tratamiento hemos utilizado tubos blandos iluminados por una bobina de 20 centímetros de chispa, con una energía de 23 voltios y 6 amperios.

En el eczema, tanto agudo como crónico, se obtienen grandes éxitos, especialmente en este último, pues en aquél no aligera la duración más que los otros tratamientos.

Schonberg tiene una brillante estadística de eczemas crónicos curados por la Radioterapia, y entre ellos cita la de un notable caso de eczema del cuero cabelludo, rebelde á todos los tratamientos, curado con rapidez por las radiaciones, y en el que consiguió la salida de los pelos.

Hahn dice que en el psoriaris el resultado es muy satisfactorio: las películas caen desde la cuarta ó quinta sesión, sin presentación de hemorragias.

Pero es indudable que los mayores beneficios que de los rayos X se obtiene en el tratamiento de las dermatosis, es en el de aquéllas que para su curación es indispensable proceder á la depilación.

Las tiñas son curadas con rapidez por los rayos X, siendo de notar que se han limitado en algunos casos las radiaciones á una parte de la zona invadida, en cuya parte se ha obtenido la

curación, mientras que en las no radiadas ha seguido la enfermedad.

En la sicosis, sea ó no parasitaria, las nudosidades se aplastan desde las primeras sesiones, los pelos caen y la inflamación desaparece, quedando la piel normal una vez curada la ligera escoriación producida por los rayos X.

Por último, se citan casos de curación de cancroides en diversos países, y muy especialmente por Stenbeck, que cita dos observaciones completas con examen histológico: en uno de los casos se trataba de un epitelioma profundo de la nariz, y en el otro de un epitelioma superficial típico.

Mucho se discute si la beneficiosa acción de la Radioterapia en las dermatosis es debida á una acción desconocida de los rayos X, ó si, por el contrario, obedece á la acción trófica producida por las efluviaciones eléctricas de alta tensión y frecuencia que se producen alrededor de los tubos.

De todos modos, y mientras no sea posible una dosificación exacta de las radiaciones, el método ha de ser empleado con gran prudencia, huyendo de las sesiones muy prolongadas, evitando una excesiva proximidad de los tubos, y procurando que éstos sean de los llamados *blandos*, por ser de mejor y más rápido resultado.

FIN

ÍNDICE

Páginas.

PRÓLOGO..... V

ELECTROLOGIA

CAPÍTULO PRIMERO

Nociones fundamentales.

I.—Fenómenos eléctricos é hipótesis sobre su naturaleza... 1
II.—Cuerpos buenos y malos conductores..... 3
III.—Experiencia de Coulomb..... 4
IV.—Electrización por influencia..... 5
V.—Corrientes eléctricas y potencial..... 5
VI.—Unidades de medidas eléctricas..... 6
VII.—Forma de las corrientes eléctricas..... 9
VIII.—Magnetismo..... 11

CAPÍTULO II

Electricidad frankliniana ó estática.

I.—Generalidades y definición..... 15
II.—Concepto general de las máquinas franklinianas ó electro-estáticas..... 16
III.—Máquinas de Wimshurst..... 17
IV.—Máquinas derivadas de las de Wimshurst..... 20
V.—Manera de distinguir los polos y condiciones necesarias para la buena marcha de las máquinas..... 24
VI.—Condensación y condensadores..... 25

CAPÍTULO III

Electricidad galvánica.

Páginas.

I.—Generalidades..... 29
II.—Constantes de las pilas y modos de agruparlas..... 33
III.—Pilas hidro-eléctricas..... 37
IV.—Pilas termo-eléctricas..... 47
V.—Acumuladores..... 48

CAPÍTULO IV

Electricidad farádica ó de inducción.

I.—Principios fundamentales..... 59
II.—Carrete de Ruhmkorff..... 61
III.—Diversos modelos de carretes..... 64
IV.—Interruptores..... 68

CAPÍTULO V

Aparatos de medida y accesorios de las corrientes eléctricas.

I.—Amperímetros y voltímetros..... 85
II.—Conmutadores é inversores..... 91
III.—Llaves de paso..... 93
IV.—Corta-circuitos..... 93
V.—Reóforos ó conductores..... 94

RADIOLOGIA

CAPÍTULO PRIMERO

Radioscopia y Radiografía.

I.—Nociones fundamentales..... 95
II.—Generalidades sobre los tubos productores de los rayos Roentgen..... 97
III.—Tubos en particular..... 99
IV.—Aparatos accesorios para utilizar los tubos..... 104

CAPÍTULO II

Técnica radiográfica.

Páginas.

I.—Instalaciones radiográficas..... 109
II.—Aparatos accesorios para la Radiografía..... 116
III.—Preparación de las placas fotográficas para someterlas á los rayos X..... 118
IV.—Aspecto de los tubos funcionando y comprobación de su poder fotográfico..... 121
V.—Tiempo de exposición de la placa fotográfica y disposición del tubo..... 121

CAPÍTULO III

Manipulaciones fotográficas.

I.—Elección de placas..... 131
II.—Desarrollo de las placas impresionadas..... 134
III.—Pruebas positivas..... 138

CAPÍTULO IV

Técnica radioscópica.

Radioscopia..... 141
Endodiascopia..... 148

APLICACIONES A LAS CIENCIAS MEDICAS

CAPÍTULO PRIMERO

Diagnóstico quirúrgico.

I.—Desarrollo y anomalías del sistema óseo..... 151
II.—Traumatismo..... 156
III.—Cuerpos extraños..... 162
IV.—Lesiones óseas y articulares..... 172
V.—Cálculos y tumores..... 181
VI.—Diagnóstico obstétrico..... 183

CAPÍTULO II

Diagnóstico médico.

Páginas.

I.—Exploración de la cavidad torácica..... 187
II.—Pleuresía..... 191
III.—Enfermedades del pulmón..... 197
IV.—Enfermedades del corazón y de la aorta..... 202
V.—Otras afecciones internas..... 207

CAPÍTULO III

Radiopatología y Radioterapia.

I.—Radiopatología..... 209
II.—Radioterapia..... 213

NOTA

DE PRECIOS DE LOS APARATOS DESCRITOS EN ESTE TRATADO (1)

BONETTI

AVENUE D'ORLÉANS, 69—PARÍS

	Francos.
Máquina Wimshurst, modificada por Bonetti, de 55 centímetros de disco (fig. 6)	275
Máquina Wimshurst, modificada por Bonetti, de seis discos, completa (fig. 9)	1.306
Carrete de inducción de 35 centímetros de chispa, con interruptor Foucault (fig. 22)	1.200
Reostato para acumuladores (fig. 41)	13
Tubos bianódicos (fig. 47)	De 15 á 50
Detonadores (figs. 54, 55 y 56)	De 15 á 45
Fluoroscopio Edison (fig. 70)	De 17 á 20
Cámara obscura para fluoroscopia (fig. 71)	250

DUCRETET

75, RUE CLAUDE BERNARD, 75—PARÍS

Pila Fuller (fig. 11)	»
Distribuidor del Dr. A. Vincent (fig. 14)	150
Batería de ocho elementos Vincent	288
Carrete de inducción de 40 centímetros (fig. 23)	1.000
Interruptor de mercurio de Ducretet (fig. 29)	230
Reostato para corriente de 100 á 110 voltios (fig. 39)	40
Conmutador inversor Bertin (fig. 44)	»
Idem id. para corrientes muy intensas (fig. 45)	»
Tubo regenerable de potasa, tipo Foucault (fig. 48)	»
Idem id. id. bianódico (fig. 49)	»
Tubo con regulador automático de vacío (fig. 50)	»
Soporte para tubo (fig. 52)	»
Cama radiográfica (fig. 58)	»
Fluoroscopio explorador (fig. 68)	»
Pantalla fluorescente (fig. 69)	»

(1) Algunos aparatos no tienen el precio en el margen, por no constar en los Catálogos que tenemos en nuestro poder.

GAIFFE

40, RUE SAINT-ANDRÉ DES ARTS, 40—PARÍS

	Francos.
Máquina electro-estática de Wimshurst de 45 centímetros de disco (fig. 5)	180
Máquina Wimshurst, modificada por Gaiffe, de 55 centímetros de disco (fig. 7)	750
Batería Gaiffe de tres elementos (fig. 10)	120
Carrete de inducción de 35 centímetros de chispa sin interruptor (fig. 21)	750
Interruptor Contremoulins-Gaiffe (fig. 28)	»
Interruptor-motor de mercurio de Gaiffe (fig. 30)	250
Reostato de manecilla para motor (fig. 42)	De 25 á 50
Conmutador de manecilla (fig. 43)	12

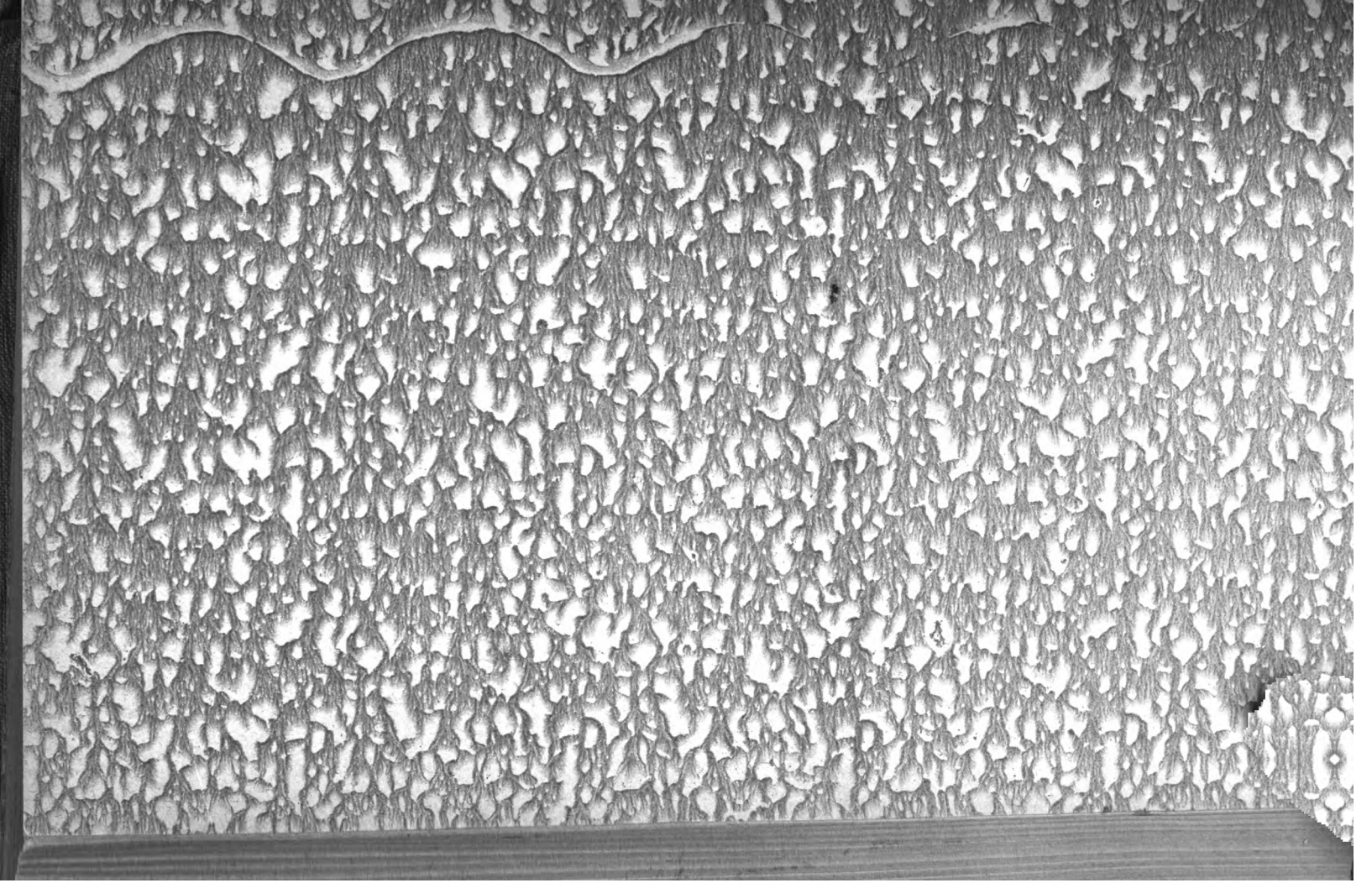
RADIGUET

15, BOULEVARD DES FILLES DU CALVAIRE, 15—PARÍS

Batería de cuatro elementos de dos líquidos (fig. 12)	40
Batería de gran superficie de un solo líquido (fig. 13)	150
Acumulador fijo de 100 amperios-hora (fig. 15)	35
Carrete de inducción de 25 centímetros con fono-temblador (fig. 20)	550
Fono-temblador Radiguet (fig. 24)	110
Interruptor Radiguet de contactos de cobre (fig. 25)	250
Interruptor electrolítico de Wehnelt con vaso refrigerador (fig. 35)	»
Reostato de corredera para acumuladores (fig. 37)	30
Reductor de potencial para corrientes continuas de 100 á 120 voltios (fig. 38)	200
Tubo Muret bianódico (fig. 46)	De 15 á 38
Soporte para tubo (fig. 51)	25
Cuadro porta-tubo del Dr. Guilleminot (fig. 53)	»
Cama radiográfica del Dr. Guilleminot (fig. 59)	»
Chasis universal (fig. 61)	De 12 á 16
Posómetro Buguet (fig. 63)	15
Radioguía Radiguet (fig. 65)	»
Radio-condensador de Radiguet y Guichard (fig. 66)	115
Soporte para pantalla (fig. 67)	45

ERRATAS

Páginas.	Donde dice.	Léase.
59 y otras.	Faradiaca.	Farádica.
68	III. INTERRUPTORES.	IV. INTERRUPTORES.



M68
1902
Tratado teorico-practico de radiografia y radioscopia clinicas. 2d ed.

457467

33223

UNIVERSITY OF CALIFORNIA LIBRARY